Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»
Физико-технологический институт

ФИЗИКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ
ФТИ-2020

VII Международная молодежная научная конференция, посвященная 100-летию Уральского федерального университета

Екатеринбург, 18-22 мая 2020 г.

Тезисы докладов

Екатеринбург
2020

УДК 001.895:621.039 (063)
ББК 22.31я43+24.13я43+32.97я43
Ф 48

Физика. Технологии. Инновации. ФТИ-2020. [Электронный ресурс]: тезисы докладов VII Международной молодежной научной конференции, посвященной 100-летию Уральского федерального университета, Екатеринбург, 18-22 мая 2020 г. / отв. за вып. А. В. Ищенко. – Екатеринбург: УрФУ, 2020. – 22 Мбайт. 1 электрон. опт диск (CDROM).

ISBN

В сборнике опубцикованы тезисы устных и стендовых докладов, представленных на VII Международной молодежной научной конференции, посвященной 100-летию Уральского федерального университета, Физика. Технологии. Инновации. ФТИ-2020. На концеренции представлены следующие секции: ядерные и радиационные технологии, физика конденсированного состояния, приборостроение и робототехника, химические технологии, материаловедение, информационные системы и технологии, биоинженерия и биотехнологии, инновации и социальные технологии.

Редакционная коллегия: *В. Ю. Иванов, И. С. Жидков, Е. Д. Нархов, Е. А. Бунтов, В. С. Семенищев, А. С. Дедюхин, М. И. Сутормина, А. А. Смирнов, Д. А. Метелев, М. Д. Пышкина, А. В. Ищенко.*

УДК 001.895:621.039 (063)
ББК 22.31я43+24.13я43+32.97я43

ISBN

©УрФУ, 2020
©Авторы, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. Ядерные и радиационные технологии 68

RADIOLOGICAL HAZARDS BY GEOCHEMICAL ANALYSIS ON THE GRANITIC ROCKS, UM TAGHER AREA, CENTRAL EASTERN DESERT, EGYPT
Awad H.A.M., Nastavkin A.V., Zakaly H.M.H., El-Taher A. *69*

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ИМИТАТОРА ВЫСОКОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В ПЛЕНОЧНОМ ВЫПАРНОМ АППАРАТЕ С НИСХОДЯЩИМ ПОТОКОМ
Бир А.А., Костромин К.В., Новоселов И.К., Звонков И.Н., Хомяков А.П. *70*

NPP SAFETY. RISK ASSESSMENT USING FUZZY LOGIC METHODS
Calabourdin A.V., Radchenko R.V. *71*

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИИ Sr-90 НА ТОНКОСЛОЙНОМ СОРБЕНТЕ MnO_2-ТАЦ
Черепанова М.А., Семенищев В.С. *73*

ГЕНЕРАТОР МОНОДИСПЕРСНЫХ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ
Жуковский М.В., Демисинов Д.М. *75*

ANALYSIS OF THE APPROACH CLASSIFICATION OF RADIOACTIVE WASTE IN THE USA AND THE RUSSIAN FEDERATION
Desyatov D.D., Batakov I.S., Ekidin A.A. *76*

RADON CONCENTRATION AND RADON EXHALATION RATE FOR NEOPROTEROZOIC ROCKS FROM WADI UM HUYTAT IN CENTRAL EASTERN DESERT OF EGYPT
El-Taher A., Zakaly H.M.H. *77*

РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЦЕПИ ДЛЯ ДОПЛЕРОВСКОГО МОДУЛЯТОРА МЕССБАУЭРОВСКОГО СПЕКТРОМЕТРА
Гангур П.В., Хохлов К.О., Амиров М.А. *78*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАДИАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ ПРИ МАРШРУТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРПОЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ РАДИАЛЬНЫХ БАЗИСНЫХ ФУНКЦИЙ
Григорьев А.М., Ташлыков О.Л., Попель А.А., Кропачев Ю.А. *79*

ASSESSMENT OF EFFECTIVE DOSES DUE TO INHALATION OF NATURAL RADIOACTIVITY IN THE DUST OF URBAN ENVIRONMENT
Hanfi M.Y., Yarmoshenko I.V. , Malinovsky G.P. *81*

СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОСТИ АЛЬФА-РАДИОНУКЛИДОВ
Изгагин В.С. *82*

ПОЛУЧЕНИЕ БИОКИНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ РАДИОНУКЛИДНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
Кобяков А.Д., Починский Д.А., Панкин В.В. *83*

АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СПЕКТРОВ НЕЙТРОНОВ УСКОРИТЕЛЯ TR-24
Кондратюк К.Д., Рябухин О.В. *84*

УПАРИВАНИЕ АЗОТНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ С ДЕНИТРАЦИЕЙ ФОРМАЛИНОМ В ВЫПАРНОМ АППАРАТЕ С ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ
Костромин К.В., Новоселов И.К., Бир А.А., Зильберман Б.Я., Мишина Н.Е., Николаев А.Ю., Блажева И.В., Рябков Д.В., Хомяков А.П. *85*

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ПРИ РАБОТЕ С ИСТОЧНИКАМИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ
Литовченко В.Ю., Васютин Н.А., Ташлыков О.Л., Козлов А.В., Селезнев Е.Н. *87*

APPLICATION OF THE MONTE CARTO CODE TO SIMULATE THE RADIATION SHIELDING CAPACITY OF LITHIUM TUNGSTATE COMPOSITES
Mahmoud K.A., Tashlykov O.L. *88*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕЙТРОННОГО СПЕКТРА ДЛЯ ДОЗИМЕТРА-СПЕКТРОМЕТРА НЕЙТРОНОВ ДСН-
Меньшаков К.Е., Пышкина М.Д. *90*

ИЗУЧЕНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УРАНА В ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРАХ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ
Михалёв С.В., Семенищев В.С. *91*

SEDIMENT NATURAL RADIOACTIVITYAND HEAVY METALS ASSESSMENT FROM THE BEACHS OF RAS-GHARIB, RED SEA, EGYPT
Mostafa M.Y.A., Zakaly H.M.H. , Uosif M.A.M. , Madkour H., Issa S.' , Tammam M. *93*

ENVIRONMENTAL MONITORING OF SURFACE DEPOSITS USING SPECTRAL GAMMA RAY DATA OF WEST FARAFRA AREA, WESTERN DESERT, EGYPT
Al Alfy I., Mounir R., Hanfi M. *94*

ПОСТУПЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНОГО ЙОДА В АТМОСФЕРУ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС
Назарович А.В., Пышкина М.Д., Десятов Д.Д., Екидин А.А. *95*

МОЛИБДЕН В ВЫСОКОЩЕЛОЧНЫХ БОРОСИЛИКАТНЫХ СИСТЕМАХ
Неволина Л.А., Еремяшев В.Е., Кориневская Г.Г. *96*

ОЦЕНКА ДОЗОВОЙ НАГРУЗКИ ОТ АЭРОЗОЛЬНЫХ И ГАЗООБРАЗНЫХ ФОРМ ЙОДА-131 В ВЫБРОСАХ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ
Никитенко Е.И. *98*

МОДЕЛЬ БИОКИНЕТИКИ РАДИОФАРМПРЕПАРАТОВ. ОПТИМИЗАЦИЯ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК
Починский Д.А., Кобяков А.Д., Панкин В.В., Щелканов А.А. *99*

ДОЗИМЕТРИЯ РЕАКТОРНОГО ЗАЛА ИРМ: СЛАБОПРОНИКАЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ
Полозов К.В. *100*

МЕТОДЫ ПОЛЕВОЙ РАДИОМЕТРИИ И СПЕКТРОМЕТРИИ
Пыхов О.А. *101*

AIRBORNE GAMMA-RAY SPECTROMETRIC INTERPRETATION FOR DETECTING THE RADIOACTIVE ANOMALIES OF GABAL GHARAMUL AND ITS SURROUNDING, NORTHERN EASTERN DESERT
Tarshan A., Hanfi M. *103*

ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРА НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЯДЕРНОЙ УСТАНОВКЕ
Романова М.А., Пышкина М.Д. *104*

СОВРЕМЕННОЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ В РАЗНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ
Рудаков М.Е., Селезнев А.А., Денисов Е.И. *105*

ОЦЕНКА ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ, СКОРОСТИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ, ДОЛИ НЕПРИСОЕДИНЁННОЙ ФРАКЦИИ ДПР ИНЕРТНЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ГАЗОВ Kr-88 И Xe-138
Семянников В.С., Назаров Е.И. *107*

РАЗДЕЛЕНИЕ УРАНА И ЦРИРКОНИЯ В СИСТЕМЕ «ХЛОРИДНЫЙ РАСПЛАВ – ЭВТЕКТИЧЕСКИЙ СПЛАВ Ga–Zn»
Солдатова М.Н., Мальцев Д.С., Волкович В.А. *108*

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРЕРАБОТАННОГО ТОПЛИВА В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ
Тарасов А.Д., Смирных Н.В., Ошканов Н.Н. *110*

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЛЛИЯ В РАСПЛАВЕ ЭВТЕКТИЧЕСКОЙ СМЕСИ ХЛОРИДОВ ЛИТИЯ И КАЛИЯ
Токарев О.В., Мальцев Д.С., Волкович В.А. *111*

МОНИТОРИНГ РАДОНА-222 В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ
Томашова Л.А., Воронина А.В., Семеницев В.С. *112*

КОРРЕЛЯЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ЗАВИСИМОЙ ЭКСИТОННОЙ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ СО СТРУКТУРНЫМ ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ В ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОМ ГИБРИДНОМ ПЕРОВСКИТЕ $CH_3NH_3PbI_3$
Сарычев М.Н., Веселова Д.С., Семенова О.И., Жевстовских И.В. *114*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕЙТРОННОГО СПЕКТРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕКТРОМЕТРА БОННЕРА
Волошин А.М. *116*

INTERNAL DOSIMETRY MODELLING FOR ^{89}Zr-LABELLED CHIMERIC MONOCLONAL ANTIBODY U36 BASED ON REAL CLINICAL RESULTS
Zakaly H.M.H., Mostafa M.Y.A., Zhukovsky M. *118*

Секция 2. Физика конденсированного состояния 119

ФОТО- И ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОСТЫХ И СЛОЖНЫХ ЦЕНТРОВ В КОРУНДЕ
Абашев Р.М., Маслова С.А. *120*

RELATIONSHIP BETWEEN STRUCTURAL STATE AND LOCAL PIEZOELECTRIC PROPERTIES IN $xBiFeO_3$-$(1-x)BaTiO_3$ SOLID SOLUTIONS
Abramov A.S., Alikin D.O., Turygin A.P., Latushko S., Zheludkevich A., Pakalniškis A., Skaudžius R., Shur V.Ya., Karpinsky D., Kholkin A.L. *122*

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СИСТЕМУ АНИЗОТРОПНЫХ НАНОЧАСТИЦ
Акишева А.В. *123*

НЕСТАБИЛЬНОСТЬ МАГНИТНЫХ МОМЕНТОВ АТОМОВ 3D-МЕТАЛЛОВ В $(Fe,Co)_7Se_8$
Акрамов Д.Ф., Мозговых С.Н., Селезнева Н.В., Баранов Н.В. *124*

COERCIVITY ENHANCEMENT OF Nd-Fe-B MAGNETS BY THE GRAIN BOUNDARY DIFFUSION OF Nd(FeCo)Cu EUTECTIC ALLOYS
Alekseev I.V., Andreev S.V., Volegov A.S., Gerasimov E.G., Terentev P.B. *126*

DOMAIN STRUCTURE IN POLYCRYSTALLINE $BiFeO_3$ THIN FILMS: COLLECTIVE POLARIZATION AND TRANSPORT PHENOMENA

Alikin D.O., Fomichov Ye., Reis S. P., Abramov A.S., Chezganov D., Shur V.Ya., Eliseev E., Morozovska A., Araujo E., Kholkin A.L. *127*

АДСОРБЦИЯ НАНОКЛАСТЕРОВ ZnO НА Si ТЕРМИНИРОВАННОЙ (111) ПОВЕРХНОСТИ

Альжанова А.Е., Мастриков Ю. *129*

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В $Sr_3Ir_2O_7$

Андреев С.Н., Мазуренко В.В. *130*

ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ОБЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМ И ИОННЫМ ПУЧКОМ В МОНОКРИСТАЛЛАХ НИОБАТА БАРИЯ-СТРОНЦИЯ

Аникин В.А., Шихова В.А., Чезганов Д.С., Нураева А.С., Власов Е.О., Пашнина Е.А., Грешняков Е.П., Небогатиков М.С., Шур В.Я. *132*

РЕКОНСТРУКЦИЯ АТОМНОЙ СТРУКТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Архандеев И.А., Огородников И.И., Кузнецова Т.В., Кузнецов М.В. *134*

ROLE OF THE MECHANICAL TREATMENTS IN THE FORMATION OF MAGNETOCALORIC PROPERTIES OF Gd MELT-SPUN RIBBONS

Arkhipov A.V., Andreev S.V., Neznakhin D.S., Tebenkov A.V., Kurlyandskaya G.V., Svalov A.V. *135*

MAGNETIC INTERACTIONS NANOENGINEERING

Badrtdinov D.I., Rudenko A.N., Katsnelson M.I., Mazurenko V.V. *137*

FRACTAL MODELS IN ANALYSIS OF ENERGY TRANSFER PROCESSES AT INTERMOLECULAR INTERACTION

Baratova A.A., Baktybekov K.S. *138*

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПОСТРОЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ОБОБЩЕННЫХ МАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТВЕРДОМЕТРИИ СТАЛЕЙ ПОСЛЕ ЗАКАЛКИ И ОТПУСКА

Сандомирский С.Г., Костин В.Н., Василенко О.Н., Лукиных Н.П., Батуева А.В. *140*

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СПИНОВЫХ ВОЛН, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ВЫХОДЕ БЛОХОВСКИХ ТОЧЕК НА ПОВЕРХНОСТЬ МАГНИТНОЙ ПЛЕНКИ

Байкенов Е. Ж., Изможеров И. М., Зверев В. В. *141*

МОДИФИКАЦИЯ СУЛЬФИДА СЕРЕБРА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВИДИМОГО СВЕТА

Беликов А.С., Ремпель С.В., Ремпель А.А. *143*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ФОТОННЫХ КАПЕЛЬ В СРЕДЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Белоненко А.М., Двужилов И.С., Двужилова Ю.В. *144*

ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА И ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ СПЛАВОВ $Fe_{1-X}Co_XSi$

Ноговицына Т.А., Бессонов С.А., Повзнер А.А., Волков А.Г. *146*

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСИ ХРОМА НА УПРУГИЕ СВОЙСТВА ФЛЮОРИТА КАЛЬЦИЯ

Бондаревская А.С., Сарычев М.Н., Шутов И.С., Жевстовских И.В., Гудков В.В. *147*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИНЕЙНО-ЦЕПОЧЕЧНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ

Бокизода Д. А., Зацепин А.Ф., Бунтов Е.А., Матицев А.И., Дутов В.А. *148*

РАВНОВЕСНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ВАКАНСИЙ В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ ВНЕДРЕНИЯ С ДВУМЯ ТИПАМИ ЗАПОЛНЕННЫХ МЕЖДОУЗЛИЙ

Бородин К.И., Волков В.А. *150*

RESEARCH INTO BORON-CARBON NANOTUBE BC-TYPE MODIFIED BY ALKALINE METAL ATOMS

Boroznin S.V., Zaporotskova I.V., Boroznina N.P., Zhitnikov Z.A. *151*

ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ АНИОН-ДЕФЕКТНЫХ КРИСТАЛЛОВ $A\text{-}Al_2O_3$ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Бояринцев А.И., Абашев Р.М. *153*

ИМПУЛЬСНАЯ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ЧИСТОЙ И ЛЕГИРОВАННОЙ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ Y_2O_3 И YAG

Бубнова А.С., Соломонов В.И. *155*

ПОЛНОЕ РАСКРЫТИЕ СТРУИ ПЕРЕГРЕТОЙ ВОДЫ ПРИ ИСТЕЧЕНИИ ЧЕРЕЗ КВАДРАТНЫЙ КАНАЛ

Бусов К.А. *156*

О ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТНОЙ МАРКИРОВКИ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ

Бызов А.В., Костин В.Н., Батуева А.В. *157*

MAGNETIC PROPERTIES AND GIANT MAGNETOIMPEDANCE OF THE FeSiB FERROMAGNETIC ALLOY ELEMENTS
Chlenova A.A., Lukshina V.A. , Kurlyandskaya G.V. *159*

ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КЕРАМИК ОКСИДА АЛЮМИНИЯ С ПРИМЕСЯМИ ЛИТИЯ И ИТТРИЯ
Чуркин В.Ю. , Панков В.А., Звонарев С.В., Фролов Е.И., Юлин А.Д. *161*

TEMPERATURE FEATURES OF HYSTERESIS PROPERTIES OF La-Co FILMS
Dengina E.Yu., Stepanova E.A., Kulesh N.A., Vaskovsky V.O. *163*

ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК GaN/Al_2O_3 МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО НАПЫЛЕНИЯ
Девицкий О.В., Никулин Д.А. *165*

ВЛИЯНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЁНОК DY
Девятериков Д. И. *167*

ТОЧЕЧНЫЕ ДЕФЕКТЫ МАРГАНЦА В НАНОКЕРАМИКЕ $MgAl_2O_4$
Киряков А.Н., Зацепин А.Ф., Дутов В.А., Фокин А.В. *168*

СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУЛЬФИДОВ ЖЕЛЕЗА МЕТЕОРИТА КАМПО-ДЕЛЬ-СЬЕЛО
Дюндик С.С., Максимова Е.М. , Наухацкий И.А., Петрова Е.В., Яковлев Г.А. *170*

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОБАРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В СПЛАВАХ НА ОСНОВЕ Ni-Mn-In
Емельянова С.М., Марченков В.В., Дьячкова Т.В., Тютюнник А.П., Зайнулин Ю.Г. *172*

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ГИСТЕРЕЗИНЫЕ СВОЙСТВА ПЛЁНОК СИСТЕМЫ CO-W НА РАЗНЫХ ПОДЛОЖКАХ
Фещенко А.А., Степанова Е.А., Лепаловский В.Н., Васьковский В.О. *174*

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМ СТРОНЦИЕВЫХ ПЕРОВСКИТОВ, ЛЕГИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОМ

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНОЙ СТРУКТУРЫ $[ZnO/C]_{25}$
Фошин В.А., Панков С.Ю., Каширин М.А., Макагонов В.А. *177*

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА AB_2O_4 (A^{2+}: Mg, Zn; B^{3+}: Al, Ga) ШПИНЕЛЕЙ
Гаев С.С., Киряков А.Н., Зацепин А.Ф. *179*

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАНОПРОВОДОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ДВУХМЕРНОГО ГЕКСАГОНАЛЬНОГО НИТРИДА БОРА
Галоян Д.М., Назаренко А.К., Борознина Е.В. *181*

MAGNETIC PROPERTIES OF ORDERED FeCo ALLOY
Gerasimov A., Kvashnin Y.O., Nordström L., Mazurenko V.V. *183*

STUDY OF THE ELECTRIC FIELD-INDUCED DOMAIN STRUCTURE TRANSFORMATION IN $BaTiO_3$ CERAMICS BY HIGH RESOLUTION METHODS
Gimadeeva L.V. , Alikin D.O., Abramov A.S., Chezganov D.S. , Hu Q. , Wei X. , Shur V.Ya., Turygin A.P. *184*

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК GdCo-Al_2O_3
Горьковенко А.Н., Лепаловский В.Н., Васьковский В.О. *186*

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АТТОСЕКУНДНОГО ИМПУЛЬСА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ С АТОМАРНЫМИ И МОЛЕКУЛЯРНЫМИ АНИОНАМИ
Гошев А.А. *188*

THE MORPHOLOGY OF CHARGED DOMAIN WALLS IN LITHIUM TANTALATE WITH COMPOSITIONAL GRADIENTS
Greshnyakov E.D., Lisjikh B.I., Pryakhina V.I., Nebogatikov M.S., Shur V.Ya. *190*

ADIABATIC POTENTIAL ENERGY SURFACE OF THE JAHN-TELLER COMPLEXES IN $SrF_2:Cr^{2+}$ CRYSTAL
Hosseny W.A.L., Sarychev M.N., Bondarevskaya A.S., Shakurov G.S., Ulanov V.A., Surikov V.T., Zhevstovskikh I.V., Averkiev N.S., Gudkov V.V. *191*

FIELD-DEPENDENT THERMODYNAMIC MEASUREMENTS OF THE SPIN LIQUID CANDIDATE $YbMgGaO_4$
Iakovlev I.A., Bachus S., Mazurenko V.V., Tsirlin A.A. *192*

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕХАНОАКТИВИРОВАННОГО ТИТАНАТА СТРОНЦИЯ
Иевлева Е.В. *193*

ОЦЕНКА КРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАССЛАИВАЮЩИХСЯ РАСТВОРОВ В ОБЛАСТИ НЕУСТОЙЧИВЫХ СОСТОЯНИЙ
Игольников А. А., Рютин С. Б., Скрипов П. В. *195*

МИКРОСТРУКТУРА И НАНОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА ALNICUFECO ЭКВИАТОМНОГО СОСТАВА
Прокудин С.В., Яковлев В.И., Чикова О.А., Ильин В.Ю. *196*

ВЛИЯНИЕ НАНОПОР НА ДИНАМИКУ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В ТОНКИХ ПЛЁНКАХ С ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОЙ АНИЗОТРОПИЕЙ (МИКРОМАГНИТНАЯ СИМУЛЯЦИЯ)

Изможеров И.М., Зверев В.В., Байкенов Е.Ж. *198*

НАНОЧАСТИЦЫ Sb И Sb@Se, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ВАКУУМНОГО НАПЫЛЕНИЯ

Кандышев С.М., Юшков А.А., Колосов В.Ю. *200*

ВЗРЫВНОЕ ВСКИПАНИЕ В ЗАКРУЧЕННЫХ СТРУЯХ

Капитунов О.А., Решетников А.В., Панов Г.В., Игнатюк М.Е., Мартынова Л.Э. *203*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ ГЛАДКОЙ ПОВЕРХНОСТИ МИКРОКАТОДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭРОЗИИ КАТОДА В ВАКУУМНОМ РАЗРЯДЕ

Карышев П.П., Земсков Ю.А., Кузьменко Н.Г. *204*

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНОННЫХ СПЕКТРОВ МОНОСЛОЯ ТРИЙОДИДА ХРОМА

Кашин И. В., Мазуренко В. В., Кацнельсон М. И., Руденко А. Н. *206*

РАССЕЯНИЕ УЛЬТРАКОРОТКИХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА НАНОСИСТЕМЕ С УЧЕТОМ ДЕФЕКТА

Харламова А.А., Макаров Д.Н. *207*

STUDY OF THE ELECTRONIC STRUCTURE OF THE TOPOLOGICAL INSULATOR $Bi_{1.1}Sb_{0.9}Te_2S$

Khatchenko Yu.E., Yakushev M.V., Seibel C., Orlita M., Kokh K.A., Reinert F., Tereshchenko O.E., Kuznetsova T.V. *208*

LUMINESCENCE STUDY OF $KLuP_2O_7$ DOPED WITH Pr^{3+} IONS UNDER DIFFERENT TYPES OF EXCITATION

Kiselev S.A., Pustovarov V.A. *209*

ВЛИЯНИЕ ДОПИРОВАНИЯ ДИОКСИДОМ ТИТАНА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ, СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЯ $Fe_{1.02}Se_{0.5}Te_{0.}$

Кислов Е.В., Селезнева Н.В., Баранов Н.В. *211*

МАГНИТОСТАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ $(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_X(SiO_2)_{100-X}$

Тарасова О.С., Ситников А.В., Клапанов А.В. *213*

КВАНТОВЫЙ ПЕРЕДАТЧИК СИГНАЛА, СКОНСТРУИРОВАННЫЙ НА ОСНОВЕ АТОМОВ ПЕРЕХОДНОГО МЕТАЛЛА

Кашин И.В., Кокорина А.И. *214*

МЕТОДИКА РАЗДЕЛЕНИЯ ВКЛАДОВ В ФИЗИЧЕСКОЕ УШИРЕНИЕ ЛИНИЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКЦИИ НА ПРИМЕРЕ ЛЕГИРОВАННОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Колесова М.Ю., Денисова О. В. *217*

ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ СПЛАВОВ ГЕЙСЛЕРА СИСТЕМЫ Mn_2YAl (Y = Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni)

Коренистов П.С., Доможирова А.Н., Семянникова А.А., Перевозчикова Ю.А., Шишкин Д.А., Марченкова Е.Б., Марченков В.В. *219*

LUMINESCENCE OF RADIATION DEFECTS IN Bi IMPLANTED SILICA GLASS

Koubisy M.S.I., Zatsepin A.F., Shtang T.V., Biryukov D.Yu., Gavrilov N.V., Mamonov A.P. *220*

MULTILAYERED SENSITIVE ELEMENT BASED ON MAGNETOIMPEDANCE FOR PRESSURE MEASUREMENTS: ROLE OF THE Fe_XNi_{100-X} COMPOSITION VARIATIONS

Kozlov N.V., Chlenova A.A., Volchkov S.O., Lepalovskij V.N., Kurlyandskaya G.V. *222*

РАССЕЯНИЕ УКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ГРАФЕНЕ С УЧЁТОМ ТЕПЛОВЫХ КОЛЕБАНИЙ АТОМОВ

Крайнова А.А., Макаров Д.Н. *224*

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ Gd_2O_3 ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ РЕАКЦИОННОГО ТЕРМИЧЕСКОГО ИСПАРЕНИЯ В АНОДНОЙ ДУГЕ

Кривошапко С.В., Каменецких А.С. *225*

ПОЛУЭМПИРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МОЛЕКУЛЫ ВОДЫ С ДВУМЕРНЫМИ НАНОСТРУКТУРАМИ

Одинаев Ш.Р., Кудинова М.С., Борознина Е.В. *227*

FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF Co NANOWIRES EMBEDDED INTO THIN ANODIC ALUMINA FILM

Kulesh N.A., Boimyradova S.K., Gorkovenko A.N., Vas'kovskiy V.O. *228*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ -МЕРКАПТОПРОПИЛТРИМЕТОКСИСИЛАНА ДЛЯ СИНТЕЗА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ QDs ZnS В ВОДНОМ РАСТВОРЕ

Кузнецова Ю.В., Попов И.Д., Ремпель А.А. *231*

ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ В НИОБАТЕ ЛИТИЯ С VTE ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Лисьих Б.И., Грешняков Е.Д., Пряхина В.И., Шур В.Я. *232*

ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ НАНОЧАСТИЦАМИ ПЛАТИНЫ И УГЛЕРОДА МЕТОДОМ РФЭС
Жидков И.С., Курмаев Э.З., Литвиненко В.А. , Д'Урсо Л. *234*

ЭЛЕКТРОННЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА SnO_2:Eu
Лосев Т.С., Косых А.С., Ищенко А.В., Машковцев М.А., Жидков И.С. *235*

PULSE LUMINESCENCE OF $Pb_XCa_{1-X}MoO_4$ SOLID SOLUTIONS UPON EXCITATION WITH PICOSECONDS ELECTRON BEAM
Lukashov A.S., Zykova E.A., Trofimova E.S., Omelkov S.I., Pustovarov V.A. *237*

FERROELECTRIC DOMAIN ORIENTATION MAPPING USING ELECTRON BACKSCATTER DIFFRACTION AND DYNAMICAL SCATTERING SIMULATIONS
Lysakov M.N., Chezganov D.S., Shur V.Ya., ... *238*

НЕЙРОСЕТИ РАСШИРЕННОЙ ТОПОЛОГИИ В ЗАДАЧЕ КОМПРЕССИИ
Майбах Е.А., Кашин И.В. *240*

FEATURES OF THE SPERIMAGNETIC STRUCTURE OF TbCo-BASED MULTILAYERS
Makarochkin I.A., Kudyukov E.V., Stepanova E.A., Kurlyandskaya G.V., Svalov A.V...... *242*

РАССЕЯНИЕ АТТОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА ЛИНЕЙНОЙ ЦЕПОЧКЕ ИЗ АТОМОВ С УЧЁТОМ ИХ ТЕПЛОВЫХ КОЛЕБАНИЙ
Макарова К.А. *244*

MATHEMATICAL MODELING OF THE CRYSTAL GROWTH IN BINARY SYSTEM
Makoveeva E.V. *245*

МЕЖЗЕРЕННОЕ ОБМЕННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Pr-Fe-B
Мальцева В.Е., Волегов А.С., Андреев С.В., Болячкин А.С. *247*

РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ЦЕНТРЫ ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ И ЭКЗОЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ В МОНОКЛИННОМ ZrO_2
Марфин А.Ю., Никифоров С.В., Слесарев А.И., Зырянов С.С. *249*

УСТОЙЧИВОСТЬ ПЛЕНОК ЛИНЕЙНО-ЦЕПОЧЕЧНОГО УГЛЕРОДА НА ПОДЛОЖКАХ ЭЛЕМЕНТАРНОГО И БИНАРНОГО СОСТАВА
Матищев А.И., Бунтов Е.А., Зацепин А.Ф., Бокизода Д.А., Вагапов А.Ш. *251*

MODELING OF SURFACE SP-SYSTEMS MAKING USE THE EXTENDED DYNAMICAL MEAN-FIELD THEORY
Medvedeva D. *252*

КЛАСТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ С ГЛУБОКИМИ ДЫРОЧНЫМИ ЛОВУШКАМИ
Мережников А.С., Никифоров С.В. *253*

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ НА СПЕКТРЫ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ ГЕКСАГОНАЛЬНОГО НИТРИДА БОРА
Михалевский Г.Б., Мохов Д.А., Вохминцев А.С., Замятин Д.А., Карабаналов М.С., Вайнштейн И.А. *255*

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОДНОВРЕМЕННОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ И ПОЛЯРИЗАЦИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ХЕМОЭЛЕКТРЕТОВ НА ОСНОВЕ ОЛИГОМЕРА DER-331
Микрюкова Я.К., Мочалова Е.Н., Галиханов М.Ф. *256*

ЭФФЕКТ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТОНКИХ ПЛЕНОК $Cu_2ZnSnSe_4$ НА ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, СОЗДАННЫХ НА ИХ ОСНОВЕ
Могильников И.А., Сулимов М.А., Форбс И., Живулько В.Д., Бородавченко О.М., Мудрый А.В., Якушев М.В. *258*

СТЕКЛООБРАЗУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМОРФНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ
Мороз А.И., Русанов Б.А., Сидоров В.Е., Целищев Н.А., Попель П.С., Карфидов Э.А. ... *260*

МИКРОМАГНИТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТА ОБМЕННОГО СМЕЩЕНИЯ В ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ТОНКИХ ПЛЕНКАХ
Москалев М.Е., Кулеш Н.А., Сосюра И.О., Лепаловский В.Н., Васьковский В.О. *261*

СПИН-ПЕРЕОРИЕНТАЦИОННЫЙ ПЕРЕХОД И МАГНИТНАЯ АНИЗОТРОПИЯ СОЕДИНЕНИЙ $(Fe_{1\pm\Delta})_7Se_8$
Мозговых С.Н., Акрамов Д.Ф., Селезнева Н.В., Баранов Н.В. *263*

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СОРБЦИИ ПРОДУКТОВ ВЫСТРЕЛА НА ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОДНОЙ НАНОТРУБКИ
Назаренко А.К., Кулиева Л.Э., Борознина Е.В., Галоян Д.М. *265*

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИЗУЧЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНО-ИОНИЗАЦИОННОЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ ВТОРИЧНЫХ НЕЙТРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ
Нигматзянов Р.Р., Коваленко М.А., Щелканов А.А., Маркелов Ю.И., Гадельшин В.М. ... *267*

КИНЕТИКА СНЯТИЯ ПЕРЕОХЛАЖДЕНИЯ (ПЕРЕСЫЩЕНИЯ) В ЖИДКОСТЯХ ПРИ РОСТЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ

Никишина М.А., Александров Д.В. *269*

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАТИОНОВ ПО СТРУКТУРНО НЕЭКВИВАЛЕНТНЫМ ПОЗИЦИЯМ В МЕТЕОРИТАХ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ

Никитин И.А., Бородин К.И. *271*

ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА И ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ СПЛАВОВ $Fe_{1-x}Co_xSi$

Ноговицына Т.А., Бессонов С.А., Повзнер А.А., Волков А.Г. *273*

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ $Fe_3Ti_4(S_y,Se_{1-y})_8$

Носовец В.С., Селезнева Н.В., Шерокалова Е.М., Баранов Н.В. *274*

ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЯЗЫВАНИЯ И ДИФФУЗИИ ГЕЛИЯ ВО ФТОРИДАХ КАЛЬЦИЯ, СТРОНЦИЯ И БАРИЯ

Осанова Э.Р., Некрасов К.А. *276*

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЛЬНОГО ПРОБОЯ ВОЗДУХА БЕГУЩЕЙ ТЕМ-ВОЛНОЙ ПРИ ИНИЦИАЦИИ ЕГО УБЕГАЮЩИМИ ЭЛЕКТРОНАМИ

Осипенко Е.А., Шарыпов К.А., Шунайлов С.А., Яландин М.И. *278*

ПОЛУЧЕНИЕ НЕСФЕРИЧЕСКИХ ФОРМ НАНОЧАСТИЦ РВО МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ В ЖИДКОСТИ

Осипова М.А., Лисьих Б.И., Пряхина В.И., Грешняков Е.Д., Шишкина Е.В., Шур В.Я. *279*

ИЗМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ХОНДРИТА ЧЕЛЯБИНСК ПОСЛЕ ТЕПЛОВОГО И РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Панков С.А., Петрова Е.В., Кругликов Н.А., Даниленко И.А., Нифонтов Р.В., Гроховский В.И., Гущина Н.В., Махинько Ф.Ф., Овчинников В.В. *281*

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК СИСТЕМЫ ZnO-C

Панков С.Ю., Макагонов В.А., Фошин В.А., Каширин М.А., Жилова О.В. *283*

ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ОКСИДА ИТТРИЯ, ДОПИРОВАННОГО АЛЮМИНИЕМ И ЛИТИЕМ

Панков В.А., Чуркин В.Ю., Звонарев С.В., Фролов Е.И., Юлин А.Д. *285*

МАГНИТНАЯ ФАЗОВАЯ ДИАГРАММА ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛОВ И МАГНИТНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ В РАМКАХ S-D МОДЕЛИ

Панкратова А.К., Игошев П.А. *287*

ION BEAM DOMAIN PATTERNING IN PLATES OF NON-POLAR CUT LITHIUM NIOBATE

Pashnina E.A., Chezganov D.S., Vlasov E.O., Turygin A.P., Nuraeva A.S., Shur V. Ya. *288*

ПРОВОДИМОСТЬ МЕМРИСТОРНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ НАНОТУБУЛЯРНОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Петренёв И.А., Вохминцев А.С., Камалов Р.В., Вайнштейн И.А. *290*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИСЕЛЕНИДА ГАФНИЯ, ИНТЕРКАЛИРОВАННОГО МЕДЬЮ И СЕРЕБРОМ МЕТОДОМ ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Плещева С.А., Плещев В.Г. *291*

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАДИОНУКЛИДНЫЕ ИСТОЧНИКИ ДЛЯ БЕТА-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ: МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТ

Пономарева Е.А., Кузнецова Т.В., Патраков Е.И., Кузнецов З.Б., Иванов В.Ю., Кузнецов М.В., Якушев М.В. *293*

ЗАВИСИМОСТЬ КОМПЛЕКСНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ И КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ОТ ЧАСТОТЫ ДЛЯ КОМПОЗИТА С НАНОЧАСТИЦАМИ ЗОЛОТА

Потапова И.И., Яцышен В.В. *295*

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА И МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ КВАЗИБИНАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ $Nd(Co_{1-x}Fe_x)$, x = 0.04, 0.16

Аникин М.С., Тарасов Е.Н., Потапов Е.В., Рагозина М.В., Зинин А.В. *297*

СТРУКТУРНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В VSe_2: ФОНОННЫЕ ДИСПЕРСИИ

Пушкарев Г.В., Мазуренко В.Г., Мазуренко В.В., Бухвалов Д.В. *299*

HYSTERESIS PROPERTIES OF FeMn/FM (FM = Fe, Ni, FeNi, Co) AND FeNi/TbCo FILMS WITH EXCHANGE BIAS

Pushkarev I.A., Kulesh N.A., Vas'kovskiy V.O., Gorkovenko A.N., Moskalev M.E., Lepalovskij V.N. *300*

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ САПФИРА, ОБЛУЧЕННЫХ ИМПУЛЬСНЫМ ИОННЫМ ПУЧКОМ Fe^{10+}

Рамазанова Г.Р., Ананченко Д.В., Никифоров С.В., Карипбаев Ж. Т. *302*

КОНКУРИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ НА ОБОБЩЕННУЮ ПРОВОДИМОСТЬ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Романовская Н.Д., Берестова С.А., Романовская Е.М. 304

ВЛИЯНИЕ ПРОСЛОЙКИ TI НА МЕЖСЛОЙНУЮ ОБМЕННУЮ СВЯЗЬ В ПЛЁНОЧНЫХ СТРУКТУРАХ (Dy-Co)/(Fe-Ni)

Аданакова О.А., Кудюков Е.В., Русалина А.С., Балымов К. Г., Васьковский В.О......306

ПРОВОДНИК С ПРОСТРАНСТВЕННО-ПЕРЕМЕННЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ В СИЛЬНОМ ИМПУЛЬСНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Русских П.А., Болтачев Г.Ш., Паранин С.Н. 308

ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ УФ ОБЛУЧЕННЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК InP/ZnS

Савченко С. С., Вохминцев А. С., Вайнштейн И. А. 310

ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РОСТА НА ТВЕРДОСТЬ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА 3D ОБРАЗЦОВ ИЗ СТАЛИ GP1

Щапова Е.А., Сташков А.Н., Щапов Г.В., Быченок В.А......311

КВАНТОВЫЙ РАЗМЕРНЫЙ ЭФФЕКТ И КРИТИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРА ТОНКИХ ПЛЁНОК АЛЮМИНИЯ

Седов Е., Завьялов В.В., Арутюнов К.Ю. 313

ДАЛЬНИЙ И БЛИЖНИЙ МАГНИТНЫЕ ПОРЯДКИ В АНТИФЕРРОМАГНЕТИКЕ $LiNiPO_4$

Сёмкин М. А......315

О ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТОАКУСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕГО УПРОЧНЕНИЯ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДВУСТАДИЙНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Сербин Е.Д., Костин В.Н., Конев Н.В......317

ВИСМУТОВЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ МАТЕРИАЛЫ С НИЗКИМ ЗНАЧЕНИЕМ КРИТИЧЕСКОГО ТОКА В НИЗКОЧАСТОТНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Сергеев А.В., Калядин О.В......319

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ФРУСТРАЦИЙ ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ В ДВУМЕРНОЙ РАЗБАВЛЕННОЙ МОДЕЛИ ИЗИНГА В МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКОМ ЭФФЕКТЕ

Шадрин А.В., Улитко В.А., Панов Ю.Д......321

МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В МАТЕРИАЛАХ НА ОСНОВЕ ХАЛЬКОГЕНИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
Маслова Д.Е., Шерокалова Е.М. *323*

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЁНОК ДИОКСИДА ГАФНИЯ В ОБЛАСТИ КРАЯ СОБСТВЕННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ
Шилов А.О., Савченко С.С., Вохминцев А.С., Гриценко В.А., Вайнштейн И.А. *326*

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ БЕЗДИФРАКЦИОННЫХ ИМПУЛЬСОВ ЭЙРИ СЕЧЕНИЯ В СРЕДЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК
Шилов Т.Б., Двужилов И.С., Двужилова Ю.В. *326*

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТЕКОЛ SiO_2, ИМПЛАНТИРОВАННЫЕ ИОНАМИ ВИСМУТА
Галиулина Ю.С. , Кубиси М.С.И. , Штанг Т.В. , Бирюков Д.Ю., Зацепин А.Ф., Гаврилов Н.В., Мамонов А.П. *328*

МНОГОСЛОЙНЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ $(Ni/ZrO_2)45$ С РАЗНОЙ ТОЛЩИНОЙ НИКЕЛЕВЫХ СЛОЁВ
Стогней О. В., Смирнов А. Н., Непочатая И. А., Кириллова В. А. *330*

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ ДИОКИДА ТИТАНА, ДОПИРОВАННОЙ ИТТРИЕМ
Смирнов Н.О., Звонарёв С.В. *332*

NEURAL NETWORK AGENT PLAYING SPIN HAMILTONIAN GAMES ON A QUANTUM COMPUTER
Sotnikov O.M., Mazurenko V.V. *334*

ПАРАМЕТРЫ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В НАНОСТРУКТУРИРОВАННОМ ПОРОШКЕ h-BN
Спиридонов Д.М., Хинайш А.М.А., Мартемьянов Н.А., Вохминцев А.С., Вайнштейн И.А. *336*

STOCHASTIC MODIFICATION OF THE MPFC MODEL
Starodumov I., Alexandrov D., Galenko P., Nizovtseva I., Ivanov A. *337*

ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПАЙКИ ТОКОВЕДУЩИХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН
Коган Л.Х., Сташков А.Н., Ничипурук А.П., Щапова Е.А., Суворин К.Д. *339*

ВУФ-ВОЗБУЖДЕНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В КВАРЦЕВОМ СТЕКЛЕ, ИМПЛАНТИРОВАННОМ ИОНАМИ РЕНИЯ 30 КЭВ
Столбиков Н.С., Бирюков Д.Ю., Зацепин А.Ф. *341*

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЁНОК $Cu(In, Ga)Se_2$ ЭЛЕКТРОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ 10 МэВ НА СПЕКТРЫ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

Сулимов М.А., Сарычев М.Н., Могильников И.А., Иванов В.Ю., Живулько В.Д., Бородавченко О.М., Мудрый А.В., Якушев М.В. *343*

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОТРУБОК ДИОКСИДА ТИТАНА ДЛЯ СИНТЕЗА НОВЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ

Дорошева И.Б., Сушникова А.А., Валеева А.А., Ремпель А.А. *345*

РАДИОПОГЛОЩАЮЩИЕ СВОЙСТВА ТОНКОПЛЕНОЧНОГО НАНОКОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ $(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_X(SiO_2)_{100-X}$ С РАЗЛИЧНЫМ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ

Тарасова О.С., Клапанов А.В., Филатов М.С. *347*

THE EXPERIMENTAL OBSERVATION OF STRAIN-PHOTON COUPLING FOR MAGNETOSTRICTIVE MAGNETICS

Telegin A.V., Sukhorukov Yu.P., Bessonova V.A. *349*

МИКРОМАГНИТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕЗОНАНСНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ НАМАГНИЧЕННОСТИ В НАНОРАЗМЕРНЫХ МАГНИТНЫХ ПЛЕНКАХ

Теплов В.С., Бессонов В.Д., Баталов С.В., Телегин А.В. *351*

МАГНИТНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ И МАГНИТНЫЙ ГИСТЕРЕЗИС В АНТИФЕРРОМАГНИТНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ $Fe_{0.5}TiS_{2-y}Se_y$

Терещенко А.А., Овчинников А.С., Баранов Н.В., Селезнева Н.В., Синицын Вл.Е. *353*

ЧЕТЫРЁХНОЖНАЯ СПИНОВАЯ ТРУБКА С ФРУСТРИРУЮЩИМ ОБМЕННЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ: СВОБОДНАЯ ЭНЕРГИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ

Тимофеева А. С. , Бострем И. Г., Овчинников А. С. *355*

РОСТ НЕОСЕСИММЕТРИЧНОГО ДЕНДРИТНОГО КРИСТАЛЛА В БИНАРНОЙ СИСТЕМЕ

Титова Е.А., Александров Д.В. *357*

DENDRITE GROWTH WITH ARBITRARY SYMMETRY IN TWO DIMENSION CASE

Toropova L.V. *360*

PHOTON CUTTING AND ENERGY TRANSFER PROCESSES IN $Ca_9Tb(PO_4)_7$ DOPED WITH Eu^{3+} IONS

Trofimova E.S., Pustovarov V.A., Omelkov S.I. *362*

ОПТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИНДОЛОКАРБАЗОЛА
Трофимова К.Е., Ищенко А.В., Вохминцев А.С., Иргашев Р.А., Казин Н.А., Вайнштейн И.А. *363*

ВЛИЯНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА НА ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ НАНОСТРУКТУРНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ
Цепилов М.В., Никифоров С.В. *365*

THERMODYNAMIC AND MAGNETIC PROPERTIES OF ONE-DIMENSIONAL DECORATED CHAIN IN ISING MODEL
Tsuvarev E.S., Kassan-Ogly F.A., Proshkin A.I. *366*

СТРУКТУРА И ЭНЕРГИЯ СИММЕТРИЧНЫХ ГРАНИЦ ЗЕРЕН НАКЛОНА В ОЦК-ТИТАНЕ
Уразалиев М.Г., Ступак М.Е., Попов В.В. *368*

ПЛАЗМОННЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ МЕДИ В КЕРАМИКЕ $MgAl_2O_4$
Вагапов А.Ш., Киряков А.Н., Зацепин А.Ф. *369*

DILUTED MAGNETIC SEMICONDUCTORS AS ELEMENTS OF SPIN LIGHT EMITTING DIODES
Ved M. V., Dorokhin M. V., Lesnikov V. P., Zdoroveishchev A. V., Danilov Yu. A., Kudrin A. V., Demina P. B. *371*

ELECTRONIC STRUCTURE OF Sr-DOPED $LaScO_3$ UNDER H_2 AND H_2O UPTAKE
Vlasov M.I., Zainullina V.M., Korotin M.A., Farlenkov A.S., Ananyev M.V. *373*

ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ПЛЕНОК ИЗ НАНОЧАСТИЦ Ag_2S, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ МПС
Воронцова Е.С., Ремпель С.В., Кузнецова Ю.В. *374*

СТРУКТУРА ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛАСТИНАХ СО СЛОЖНЫМ ХАРАКТЕРОМ МАГНИТНОЙ АНИЗОТРОПИИ
Высокова Е.В., Мехоношин Д.С., Памятных Л.А. *375*

МИКРОТВЕРДОСТЬ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ Ni-ZrAlO
Яковлева К.С., Стогней О.В., Смирнов А.Н., Хемза А. *376*

СВЯЗЬ СПИНОВОЙ И ЗАРЯДОВОЙ КИНЕТИКИ В ГЕЛИКОИДАЛЬНЫХ МАГНЕТИКАХ
Ясюлевич И.А. *378*

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ ФЕРРИТОВ
Егізбек К.Б. *380*

МИКРОСТРУКТУРЫ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ Bi-Te ПО ДАННЫМ ПРОСВЕЧИВАЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ
Юшков А.А., Колосов В.Ю. *381*

МНОГОФОТОННОЕ РАССЕЯНИЕ УКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА МНОГОАТОМНЫХ СИСТЕМАХ
Закаменных М.П., Макаров Д.Н. *383*

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИФЕРРОМАГНИТНОГО ГЕЛИКОИДАЛЬНОГО УПОРЯДОЧЕНИЯ В НАНОСЛОЕ ДИСПРОЗИЯ В СОСТАВЕ СПИНОВОГО КЛАПАНА С СИНТЕТИЧЕСКИМ АНТИФЕРРОМАГНЕТИКОМ
Заворницын Р.С., Наумова Л.И., Миляев М.А., Макарова М.В., Криницина Т.П., Проглядо В.В., Устинов В.В. *384*

XPS STUDY OF THE INTERACTION BETWEEN LINEAR CARBON CHAINS AND COLLOIDAL Au-NANOPARTICLES
Zhidkov I.S. , Kurmaev E.Z., Cholakh S.O., Fazio E., D'Urso L. *385*

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНОЙ СИСТЕМЫ $[(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_{34}(SiO_2)_{66}/ZnO]_{112}$
Жилова О.В., Панков С.Ю., Макагонов В.А., Фошин В.А., Бабкина И.В. *386*

Секция 3. Приборостроение и робототехника 388

РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНОГО УСИЛИЯ И МОМЕНТА ПРОКАТКИ ДЛЯ СТАНА ЛИСТОВОЙ ПРОКАТКИ «ДУО-КВАРТО»
Абашев Д.Ю., Бородин К.И. *389*

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРАЕВОГО УГЛА СМАЧИВАНИЯ
Алабердин Р.Р., Волков А.С. *390*

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ И КОНТРОЛЯ ЗАДАННОГО СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В ГАЗОВОЙ СМЕСИ $Ar+O_2$ В ГЕРМЕТИЧНОМ ПЕРЧАТОЧНОМ БОКС
Байнов И.Н., Вылков А.И., Шишкин А.В. *392*

РАЗРАБОТКА ПОМЕХОЗАЩИЩЁННОЙ, КОМПАКТНОЙ, МНОГОДИАПАЗОННОЙ КОРОТКОВОЛНОВОЙ АНТЕННЫ
Орлов А.В., Бардюг Д.Ю., Елимова Т.В., Ивашинюта Ю.И. *394*

РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКИ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ УСТРОЙСТВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ (ПЛИС)
Пирогов А.А., Башкиров А.В., Пирогова Ю.А., Гвозденко С.А[1] *395*

РАЗРАБОТКА БЕЗЭЛЕКТРОЛИТНОГО ЭЛЕКТРОДА СРАВНЕНИЯ ДЛЯ КОРРОЗИОННЫХ ИЗЫСКАНИЙ
Бондарь М.А., Латыпов О.Р. 398

УПРАВЛЕНИЕ МАНИПУЛЯЦИОННЫМ РОБОТОМ С ТРЕМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ
Чупин И.А[1], *Долгий Ю.Ф., Сесекин А.Н.* 400

СТРУЙНАЯ ПЕЧАТЬ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЕНСОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА НИТРОСОЕДИНЕНИЯ
Чувашов Р.Д., Вербицкий Е.В., Хохлов К.О., Баранова А.А. 401

УСТРОЙСТВО НАГРЕВА ИССЛЕДУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРА PERKIN ELMER LS 55
Даринцев А.Е., Моисейкин Е.В. 403

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БАРОМЕМБРАННОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДОБЫВАЕМОЙ ВОДЫ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ С ТЯЖЕЛОЙ НЕФТЬЮ
Еременко В.И., Черепанов А.Н. 404

КАЛИБРОВКА MEMS ИНЕРЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ, РАЗРАБОТКА УЛУЧШЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ ЭТАПА ПАКЕТНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ
Глотов В.В., Башкиров А.В., Скитский Я.В., Привалова А.Э., Демихова А.С. 406

ЛОКАЛЬНЫЙ И ОБЪЕМНЫЙ КОНТРОЛЬ ФАЗОВОГО СОСТАВА АУСТЕНИТНЫХ ХРОМО-НИКЕЛЕВЫХ СТАЛЕЙ
Кочнев А.В., Ригмант М.Б., Корх М.К. 407

3D РЕКОНСТРУКЦИЯ ДЛЯ ПРОТОТИПА КОМПЬЮТЕРНОГО ТОМОГРАФА С ИМПУЛЬСНЫМ РЕНТГЕНОВСКИМ ИСТОЧНИКОМ
Комаров Н.А., Комарский А.А., Корженевский С.Р. 409

РАЗРАБОТКА АПК ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИМУЩЕСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАТЧИКА БИОМЕТРИИ
Коршаков Н.А. 411

ПРОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДЕФЕКТОСКОПА ИНТРОТЕСТ-1М
Котельников А.В., Бирюков Д.Ю. 413

ВИРТУАЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ СТИМУЛЯЦИЕЙ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ
Красноборова Е.А., Мартемьянов Н.А., Вохминцев А.С., Вайнштейн И.А. 415

МАГНИТОМЕТР ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ НА БАЗЕ АПС DIUS .15M
Ксенофонтов Д.Г., Костин В.Н., Атласов М.Н. 416

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ С ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМОЙ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА
Лисовский Д.А., Шарыпов К.А. 418

ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ ПС «БАЛТЫМСКАЯ» 110 КВ
Лыков Р.В., Бородин К.И. 420

ИЗМЕРЕНИЕ ЭНЕРГИИ РАЗРЯДА В УСТАНОВКЕ СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ МЕТОДОМ ИСКРОВОГО РАЗРЯДА
Максимов А. Д., Бекетов И. В., Багазеев А. В., Азаркевич Е. И., Медведев А. И., Чолах С. О., Расметьева А. В. 421

МОДУЛЬ ОПТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ШИРОКОЗОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МИКРОЗОНДОВОЙ СТАНЦИИ
Мартемьянов Н.А., Красноборова Е.А., Вохминцев А.С., Вайнштейн И.А. 422

ЭМА СИСТЕМА КОНТРОЛЯ С МАЛОЙ СИЛОЙ МАГНИТНОГО ПРИТЯЖЕНИЯ К ПОВЕРХНОСТИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ОБЪЕКТОВ
Михайлов А.В., Гобов Ю.Л., Смородинский Я.Г., Симонов Н.А. 424

РАЗРАБОТКА МИКРО-ИМПУЛЬСНОГО ПЛАЗМЕННОГО ДВИГАТЕЛЯ
Музюкин И.Л., Михайлов П.С. 426

УСТАНОВКА ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ ПИЩЕВЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ УСКОРИТЕЛЯ УРТ05-М
Недорезов М.Н. 427

РАЗРАБОТКА КВ ТРАНСИВЕРА ДЛЯ ГОЛОСОВОЙ СВЯЗИ И ПАКЕТНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ
Орлов А. В., Бардюг Д.Ю., Елимова Т.В., Ивашинюта Ю.И. 428

РАЗРАБОТКА АППАРТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СОБСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ЗАМЕРЗАНИИ ВОДЫ
Островский В.В., Гусаревич Е.С., Орлов А.В., Елимова Т.В. 431

АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МАГНИТНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ СТАЛЬНОГО ПРОКАТА
Пастухов А.Б., Губанов Я.В. 432

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ РЕЗОНАНСНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР С ИНВЕРТОРНЫМ ИСТОЧНИКОМ ПИТАНИЯ
Патраков В.Е., Лобанов Л.Н. 434

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ИНТЕРФЕЙСНАЯ КАРТА ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С КАНАЛОМ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ
Переверзева А.А., Слесарев А.И. 436

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ МОРСКОЙ ВОДЫ
Полетаев Д.А., Соколенко Б.В. 437

АНАЛИЗ ПЛАНАРНОЙ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ НАСТРОЙКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ
Проничев И.М., Огородникова О.М. 439

ПРОЕКТ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЛИТИЙ-ИОННЫХ БАТАРЕЙ В БОЛИВИИ
Видал Р., Огородникова О. 440

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОЩНЫМ ИМПУЛЬСНЫМ УСКОРИТЕЛЕМ ЭЛЕКТРОНОВ
Сафоненко М.А., Щербинин С.В. 442

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА НА ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА
Сеимова Д.С., Ромащенко М.А. 443

РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЗОВАННОЙ МОДЕЛИ ТОПОЛОГИИ n-МОП ТРАНЗИСТОРА С ПОВЫШЕННОЙ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТЬЮ
Сераzетдинов А.Р., Аткин Э.В., Хохлов К.О. 445

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ НА ОСНОВЕ УНТ И МЕЗОПОРИСТЫХ УГЛЕЙ В ИОНИСТОРАХ
Шушерина Е.В., Капустин С.Н. 447

ЦИФРОВОЙ ВОЛЬТМЕТР С АВТОМАТИЧЕСКИМ ВЫБОРОМ ДИАПАЗОНА ИЗМЕРЕНИЯ
Симонов Н. А., Моисейкин Е. В., Устьянцев Ю. Г. 448

СОПРЯЖЕНИЕ ПЕРЕНОСНОГО КАРДИОМИНИТОРА С МОБИЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ
Бригинец С.А., Веселков А.Ю., Мартынов Г.В. 449

TOPOLOGICAL OPTIMIZATION IN DESIGN OF ANTHROPOMORPHIC GRIPPER FOR A ROBOT
Stupin S., Ogorodnikova O. 451

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ С ЗАЩИТОЙ ПО ТОКУ
Унгвицкий Г.И., Моисейкин Е.В., Устьянцев Ю.Г. 452

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ТЕСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ
Васильченко Д.В., Неклюдов А.Л., Ромащенко М.А., Рожненко С.Н. 454

ОПЕРАТИВНАЯ ДИАГНОСТИКА ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛА РЕЗАНИЕМ ПО СРЕДСТВАМ АНАЛИЗА ВИБРАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ
Воронин В.В., Артамонов Е.В. 456

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ α-Al_2O_3-δ
Войнов В. С., Мильман И. И. 458

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ
Яковлев А.М., Хохлов К.О. 460

ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫМ СИНТЕЗАТОРОМ ЧАСТОТЫ И СИСТЕМОЙ СЧИТЫВАНИЯ ДАННЫХ КВАДРАТУРНОГО ДЕМОДУЛЯТОРА СИГНАЛА ДЕТЕКТОРА МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ОСНОВЕ
Ярушин К.А., Щербинин С.В., Курляндская Г.В. 461

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОБЛЕМНЫХ УЧАСТКОВ КОЖИ
Юрпольский Д.А., Лагунов А.Ю., Голышев А.В. 462

РАЗРАБОТКА БЛОКА АВТОНОМНОЙ РАЗВЕДКИ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО ПРИБОРА АНАЛИЗА КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА
Заболотний С.И., Лагунов А.Ю. 464

СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НИТИ ДЛЯ 3D ПРИНТЕРОВ ИЗ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ
Закиров Н.М., Тягунин А.В. 465

РЕАЛИЗАЦИЯ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НИТРОСОЕДИНЕНИЙ
Зиятдинова А.Р., Баранова А.А., Хохлов К.О. 467

КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОЩНОГО ИМПУЛЬСНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ
Зыкин Н.Д., Сафоненко М.А., Щербинин С.В. 469

Секция 4 Химические технологии 470

СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ГАЛЛИЯ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ
Абакумова Е. В., Свирский И. А., Титова С. М. 471

СОРБЦИЯ ЦЕЗИЯ И АЛЮМИНИЯ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ КАТИОНИТАМИ
Абдрахманова А.К., Титова С.М., Муравлева А.М., Скрипченко С.Ю. 472

КИНЕТИКА СОРБЦИИ ИОНОВ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ СУЛЬФОЭТИЛИРОВАННЫМ ПОЛИАМИНОСТИРОЛОМ ПРИ СОВМЕСТНОМ ПРИСУТСТВИИ В РАСТВОРЕ
Алифанова Л.М.к., Гребенькова О.В., Петрова Ю.С. , Неудачина Л.К. 474

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В ЖИДКОСОЛЕВЫХ РАСПЛАВАХ (ФЛИНАК) МЕТОДОМ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПЛАВЛЕНИЯ
Антипова К.С., Данилов Д.А., Половов И.Б., Золотарев Д.А., Максимцев К.В. 475

КИНЕТИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ХЛОРИДА НЕОДИМА С КИСЛОРОДОМ В РАСПЛАВАХ ХЛОРИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ
Бадретдинова Е.И., Волкович В.А. 477

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БАРИЯ НА ПОВЕДЕНИЕ OSC- МАТЕРИАЛОВ В СОСТАВЕ ТРЕХМРАШРУТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ
Бакшеев Е.О., Аликин Е.А., Машковцев М.А., Денисов С.П. 478

ДЕХЛОРИРОВАНИЕ ПОЛИХЛОРБИФЕНИЛОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С МЕТОКСИДОМ НАТРИЯ В СРЕДЕ ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДА И ЭТАНОЛА
Бардина М.Н., Первова М.Г., Горбунова Т.И., Куликова Т.В., Майорова А.В. 480

РАЗРАБОТКА СТАДИИ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ^{90}Sr ИЗ ПРОБ СЛАБОМИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕОРГАНИЧЕСКОГО СОРБЕНТА ТЕРМОКСИД-3К
Белоконова Н.В., Воронина А.В. 481

СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ МЫШЬЯКА И СУРЬМЫ ИЗ НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОКСИДА МАРГАНЦА (IV)
Белозерова А.А., Печищева Н.В., Шуняев К.Ю. 483

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ДЕГИДРИРОВАНИЯ Н-БУТАНА

Дерюгина О.П., Бичевина Е.А. *484*

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА СОРБЦИИ ЦЕЗИЯ ПРИРОДНЫМИ И МОДИФИЦИРОВАННЫМИ СОРБЕНТАМИ НА ОСНОВЕ КЛИНОПТИЛОЛИТА ИЗ ПОЧВЕННЫХ РАСТВОРОВ

Блинова М.О., Воронина А.В. *485*

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЯДА ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕНИЯ ИЗ РАСТВОРОВ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА

Бочкарева Ж.С., Таукин А.О., Кириллов С.В., Кириллов Е.В., Буньков Г.М., Боталов М.С., Смышляев Д.В., Рычков В.Н. *487*

ОСОБЕННОСТИ КИНЕТИКИ МОДЕЛЬНОЙ РЕАКЦИИ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЕГО С АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТОЙ В ПОЛЕ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Богатов Н.А., Савина А.С. *489*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ГАЛЛИЯ И ГЕРМАНИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Бородина Е.К., Денисов Е.И. *491*

ABOUT THE POSSIBILITY OF CREATING A HIGH-PERFORMANCE SENSOR BASED ON BORON NITRIDE NANOTUBES

Boroznina N.P., Zaporotskova I.V., Boroznin S.V., Vdovin M.A. *492*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗНАЧЕНИЯ РН ОСАЖДЕНИЯ НА СВОЙСТВА ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ОКСИДОМ ИТТРИЯ

Буйначев С.В. , Машковцев М.А., Алешин Д.К., Жиренкина Н.В., Гордеев Е.В., Бакшеев Е.О. *494*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ РЗМ В ПРОЦЕССЕ ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ОЯТ

Бурдина А.А., Данилов Д.А., Шишкин В.Ю. *496*

ОСАЖДЕНИЕ ФОСФАТОВ СТРОНЦИЯ В РАСПЛАВАХ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ ХЛОРИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Бызова Е.Д., Иванов А.Б., Волкович В.А. *498*

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ Fe^{2+}/Fe^{3+} В ХРОМШПИНЕЛИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЗОНДОВОГО МИКРОАНАЛИЗА ПО КОЭФФИЦИЕНТАМ ПОГЛОЩЕНИЯ L_a-ЛИНИИ Fe

Даниленко И. А. , Замятин Д.А., Чащухин И.С., Вотяков С.Л. *499*

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕРОДНОЙ ВУАЛИ И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ КОЖИ
Данилова Е.И. *501*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНТРОЛИРУЕМОГО ДВУХСТРУЙНОГО ОСАЖДЕНИЯ ГИДРАТИРОВАННОГО ОКСИДА ЦИРКОНИЯ
Данкова А.К., Машковцев М.А. , Прибытов М.Д., Буйначев С.В. *503*

ЗАВИСИМОСТЬ СТРУКТУРЫ ПОРОШКОВ ОКСИДА ТИТАНА Ti_2O_3 ОТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РАЗМОЛА
Валеева А.А., Дорошева И.Б., Ремпель А.А. *505*

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОГО МОЛЕКУЛЯРНО-АБСОРБЦИОННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЙОДА
Ельцов Д.А., Зайцева П.В., Пупышев А.А. *507*

СОРБЦИЯ УРАНА ИЗ СУЛЬФАТНО-ХЛОРИДНЫХ РАСТВОРОВ ВИНИЛПИРИДИНОВЫМ АНИОНИТОМ
Филатенкова А.П., Титова С.М., Новиков И.В., Скрипченко С.Ю., Свирский И.А., Ёлтышев В. Е. *509*

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ И СВОЙСТВА СПЛАВОВ Al-Zr
Филатов А.А., Суздальцев А.В., Зайков Ю.П. *510*

РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВЫСОКОНАГРЕТОГО (400-800°С) ВОЗДУХА В РЕАКЦИОННОЙ КАМЕРЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ
Филиппов П. С., Рыжков А. Ф. *511*

ВЛИЯНИЕ БЕЛКОВ МОЛОКА НА АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА КОФЕ
Колбацкая С.А., Газизуллина Е.Р., Герасимова Е.Л., Иванова А.В. *513*

ПОЛИКОНДЕНСАЦИОННЫЕ ДЕПРЕССОРНЫЕ ПРИСАДКИ ДЛЯ НЕФТЯНЫХ ПРОДУКТОВ
Глазунов А.М., Мозырев А.Г., Землянский Е.О. *514*

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА КОРРОЗИИ КОМПОНЕНТОВ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДАМИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ МАСС-СПЕКТРОСКОПИИ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
Филатов Е.С., Гордеева Ю.Ф. *516*

CARBON DIOXIDE SORPTION ACTIVITY STUDY OF CARBOXYLATED CARBON NANOTUBES
Boroznina N.P., Zaporotskova I.V., Boroznin S.V., Grechko A.A., Zaporotskov P.A. *517*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ГИДРОКСОНИТРАТА ИТТРИЯ-ЕВРОПИЯ НА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ОКСИДНЫХ СИСТЕМ

Гордеев Е.В., Машковцев М.А., Поливода Д.О., Алешин Д.К., Буйначев С.В. *518*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА СИНТЕЗА И ОБРАБОТКИ НА ПОВЕРХНОСТЬ OSC-МАТЕРИАЛОВ

Гурьянова А.А., Пономарев А.В., Жиренкина Н.В., Машковцев М.А. *520*

МОДЕЛИРОВАНИЕ СКОРОСТЕЙ В ТЕПЛООБМЕННЫХ ТРУБКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОСИФОННОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ

Гушшамова В.Н., Морданов С.В., Хомяков А.П., Мухновский В.А. *522*

ИЗУЧЕНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ НИТРАТА МАГНИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОМ АТОМНО-АБСОРБЦИОННОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ АЛЮМИНИЯ, СЕРЕБРА, ХРОМА, МЕДИ И ОЛОВА

Игошева В.С., Васильева Н.Л., Зайцева П.В. *524*

ОСАЖДЕНИЕ ФОСФАТОВ БАРИЯ В РАСПЛАВАХ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ ХЛОРИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Иванов А.Б. *526*

ВЯЗКОСТЬ РАСПЛАВОВ xLi_2O-$(100-x)B_2O_3$

Иванов А.В., Хохряков А.А., Самойлова М.А., Рябов В.В. *527*

ИЗУЧЕНИЕ СООСАЖДЕНИЯ ГАЛЛИЯ И ГЕРМАНИЯ НА ОСАДКЕ СОСТАВА Na_3FeF_6 В ПРИСУТСТВИИ ФТОРОВОДОРОДНОЙ КИСЛОТЫ

Калинина Н.Ю., Майорова А.В., Пупышев А.А. *529*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ИЗОТОПНЫХ ОТНОШЕНИЙ Cu И Zn МЕТОДОМ МК ИСП-МС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМОЛЫ AG MP-

Карпова С.В., Стрелецкая М.В., Солошенко Н.Г., Окунева Т.Г. *531*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОРРЕКЦИИ МАСС-ДИСКРИМИНАЦИИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ИЗОТОПНЫХ ОТНОШЕНИЙ SR МЕТОДОМ МК ИСП-МС

Касьянова А.В., Стрелецкая М.В., Солошенко Н.Г., Окунева Т.Г. *533*

КИНЕТИКА СОРБЦИИ СКАНДИЯ, ЦИРКОНИЯ И ТИТАНА СЛАБООСНОВНЫМ АНИОНИТОМ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ

Каёткин В.Е., Юлдашбаева А.Р., Кириллов Е.В., Кириллов С.В., Берсенева М.А. *535*

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПЛЕКСНЫХ БОРСОДЕРЖАЩИХ ФЕРРОСПЛАВОВ

Кель И.Н., Жучков В.И., Ренёв Д.С., Лозовая Е.Ю. *537*

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА СОПОЛИМЕРИЗАЦИЮ ε-КАПРОЛАКТАМА С ω-ДОДЕКАЛАКТАМОМ
Хаматнурова А.Р., Шекаева А.Р., Спиридонова Р.Р., Федорчук А.Н. *539*

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ОСАЖДЕНИЯ НА СВОЙСТВА ПОРОШКОВ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ
Харисова К.А., Жиренкина Н.В., Машковцев М.А., Карташов В.В[1] *541*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИРОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКИХ ОСТАТКОВ КЕРАМИКИ БРОНЗОВОГО ВЕКА (БОЗШАКОЛЬ, КАЗАХСТАН) МЕТОДОМ ГХ-МС ПОСЛЕ КИСЛОТНОГО МЕТАНОЛИЗА
Хорькова А.Н., Данилов Д.А., Киселева Д.В., Рянская А.Д., Дубягина Е.В. *542*

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕЙ КЕРАМИКИ
Султанова Д.Т., Ющенко А. К., Хорошавцева Н.В., Митюшова Ю.А., Денисова Э.И., Карташов В.В., Денисова О.В. *544*

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИКИ СОРБЦИИ СТРОНЦИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫМИ АЛЮМОСИЛИКАТАМИ
Хромченкова А. В., Блинова М. О., Воронина А. В. *545*

ВЫДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПОВ РАДИЯ-228 И РАДИЯ-224 ИЗ ТОРИЯ-232
Кириченко И.В., Семенищев В.С. *546*

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ
Берсенева М.А., Кириллов Е.В., Кириллов С.В., Буньков Г.М., Рычков В.Н. *548*

СИНТЕЗ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ НА ОСНОВЕ МОЛИБДАТА ВИСМУТА
Климова А.В., Михайловская З.А., Буянова Е.С. *549*

КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ ПРИМЕСЕЙ В СМОЛАХ ТВЭКС МЕТОДОМ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ
Кочергина Е.В., Вагина А.О., Таукин А.О., Абрамов А.В., Буньков Г.М., Ребрин О.И. ... *551*

СОРБЦИЯ ХРОМА (VI) НА МЕХАНОАКТИВИРОВАННОМ РУТИЛЕ
Печищева Н.В., Коробицына А.Д., Виноградова Е.О., Эстемирова С.Х., Зайцева П.В. . *552*

СПЕЦИФИЧЕСКИЙ ХЕЛАТО-ПОДОБНЫЙ КАТАЛИЗ РЕАКЦИИ АМИДИРОВАНИЯ МЕТИЛОВЫХ ЭФИРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ
Коротаев М.С., Ширшин К.К., Есипович А.Л., Рогожин А.Е., Зольнова А.Д. *554*

ЭЛЕКТРОННЫЕ СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ ИОНОВ ЕВРОПИЯ(II) В ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВАХ

Костюков Е.А., Тропин О.А., Волкович В.А. *555*

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОСАЖДЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ ПО РАЗМЕРАМ И ФОРМУ ЧАСТИЦ ПОРОШКОВ ГИДРОКСИДОВ И ОКСИДОВ ЦИРКОНИЯ

Косых А.С., Буйначев С.В., Машковцев М.А. *557*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ ПОСЛЕ ИТЕРКАЛЯЦИИ СЛОИСТЫХ ГИДРОКСИДОВ РЗЭ

Козлова Ю.А., Гордеев Е.В., Данилов Д.А. *559*

ПОЛУЧЕНИЕ СПЛАВОВ «АЛЮМИНИЙ-МАГНИЙ-ИТТРИЙ» И «МАГНИЙ-АЛЮМИНИЙ-ИТТРИЙ»

Крылосов А.В., Ребрин О.И. *561*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛАНТАНА И УРАНА В СПЛАВАХ С ГАЛЛИЕМ И ЦИНКОМ

Куликова А.С., Дедюхин А.С., Щетинский А.В. *563*

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ В ПОЧВЕ НА СОРБЦИЮ ЦЕЗИЯ И СТРОНЦИЯ

Куликова М.А., Белоконова Н.В., Воронина А.В. *564*

СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИРОДНЫМ И ГРАНУЛИРОВАННЫМ ГЛАУКОНИТОМ

Кутергин А.С., Недобух Т.А *566*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ И ТЕПЛООБМЕНА В АППАРАТЕ КОНВЕРСИИ

Хомяков А.П., Морданов С.В., Лавров А.С. *568*

СЕРНОКИСЛОТНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ УРАНА ИЗ ТВЕРДЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ КОНВЕРСИОННОГО УРАНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Наливайко К.А., Липатова М.Е., Конькова А.В., Титова С.М., Скрипченко С.Ю. *569*

NOVEL APPROACHES FOR SEPARATION AZEOTROPIC MIXTURES USING DEEP EUTECTIC SOLVENTS

Liubichev D.A., Shishaeva L.M., Samarov A.A., Prikhodko I.V. *571*

СОВМЕСТНАЯ ПЕРЕРАБОТКА КОВШЕВОГО И ЭЛЕКТРОПЕЧНОГО ШЛАКА: ОСНОВЫ БЕЗОТХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Шешуков О.Ю., Михеенков М.А., Лобанов Д.А., Егиазарьян Д.К., Некрасов И.В., Овчинникова Л.А. *572*

СОРБЦИЯ ХЛОРИДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПАЛЛАДИЯ (II), ПЛАТИНЫ (IV) И ЗОЛОТА (III) СУЛЬФОЭТИЛИРОВАННЫМ ПОЛИАЛЛИЛАМИНОМ

Лопунова К. Я., Алифханова Л.М.к., Петрова Ю. С., Неудачина Л.К. *574*

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОТДЕЛЕНИЮ ЖЕЛЕЗА, НИКЕЛЯ, КОБАЛЬТА, МЕДИ ОТ СЕЛЕНА И ТЕЛЛУРА

Майорова А.В., Бардина М.Н. *576*

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ Al - РЗЭ И Al - Sc СПЛАВОВ

Максимцев К.В., Крылосов А.В., Мухамадеев А.С., Половов И.Б., Чукин А.В., Жиляков А.Ю., Ребрин О.И., Золотарев Д.А. *578*

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЦИНКА ИЗ ПЫЛИ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Малышев А.С., Юлдашбаева А.Р., Дюрягин В.В., Кириллов Е.В., Кириллов С.В. *579*

ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦЕРИЙСОДЕРЖАЩИХ ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВОВ

Марьянова К.А., Максут М.А., Щетинский А.В., Дедюхин А.С., Ямщиков Л.Ф. *581*

ПРОИЗВОДИТЕЛИ И ПОТРЕБИТЕЛИ ТЕХНОГЕННОГО УГЛЕРОДА: АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ УЛАВЛИВАЕМОГО CO_2 ДЛЯ СЫРЬЕВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Масленников Г.Е., Назарова В.В., Рыжков А.Ф. *582*

ПРИМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ДОБАВОК ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ МЕЖФАЗНОЙ ВЗВЕСИ

Матюшина В.А., Колмачихина О.Б. *584*

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ СУРЬМЫ (III) В СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРАХ

Маврин А.Е., Маковская О.Ю. *586*

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА НА СОСТАВ И СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ КРЕМНИЯ

Медянкина И.С., Пасечник Л.А. *588*

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ РУБЕАНАТА ПАЛЛАДИЯ (II) В РАСТВОРЕ ПАВ

Мельник Е.А., Холмогорова А.С., Неудачина Л.К. *590*

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНА- КОМПЛЕКСООБРАЗОВАТЕЛЯ НА СОРБЦИЮ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ СУЛЬФОЭТИЛИРОВАННЫМ ПОЛИАМИНОСТИРОЛОМ

Мережникова О.И., Алифханова Л.М.к., Петрова Ю.С., Неудачина Л.К. *592*

ЭКСПРЕССНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ В FLINAK

Меркучева К.А., Данилов Д.А., Половов И.Б. *594*

ЭКСТРАКЦИЯ МЕДИ ИЗ РАСТВОРОВ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ACORGA M5774

Мубанга П., Маковская О. *596*

ОСАЖДЕНИЕ УРАНА И ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ КИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНСОДЕРЖАЩЕГО ШЛАМА

Наливайко К.А., Муравлева А.М., Абакумова Е.В., Титова С.М., Скрипченко С.Ю. *597*

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТВЁРДЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ КОНВЕРСИОННОГО УРАНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Наливайко К.А., Муравлева А.М., Балдина А.С., Титова С.М., Скрипченко С.Ю. *599*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ДВУХ СРЕД В ОБЪЕМЕ АППАРАТА

Хомяков А.П., Морданов С.В., Наськина Д.Р., Хомякова Т.В. *601*

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ВИСМУТСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ СО СТРУКТУРОЙ ШЕЕЛИТА НА ОСНОВЕ $CaMoO_4$ И $SrMoO_4$

Никитина А.А., Михайловская З.А., Князев Н.С., Малкин А.И. , Коротков А.Н. *602*

АНОДНОЕ РАСТВОРЕНИЕ СПЛАВОВ U-Pd И U-Pd-Nd В РАСПЛАВАХ 3LiCl–2KCl И 3LiCl–2KCl–UCl_3

Никитин Д.И., Половов И.Б., Фофанов Г.Л., Фурта А.П., Волкович В.А. *604*

СОРБЦИЯ ИНДИЯ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ

Новиков И.В., Свирский И.А., Скачков А.А. *606*

ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ИЗОТОПНЫХ ОТНОШЕНИЙ Nd В АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ МЕТОДОМ МК ИСП-МС

Окунева Т.Г., Солошенко Н.Г., Стрелецкая М.В. *607*

ИЗУЧЕНИЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СКАНДИЯ ИЗ КРАСНОГО ШЛАМА ЯНТАРНОЙ КИСЛОТОЙ

Окилов Б.Р., Боталов М. С., Кириллов Е.В., Рычков В.Н. *609*

АМФИФИЛЬНЫЕ СВОЙСТВА СОПОЛИМЕРОВ МЕТОКСИ- И АЛКОКСИОЛИГО(ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ)МЕТАКРИЛАТОВ
Орехов Д.В., Ананьина О.С., Сидоркин С.А., Ермолаев И.Д. 611

МЕЖФАЗНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В СИСТЕМЕ Ti -Al -(Nb, Ta, V)
Осинкина Т.В., Красиков С.А., Русских А.С., Ченцов В.П. 613

HIGH TEMPERATURE ELECTRONIC ABSORPTION SPECTROSCOPY OF RHODIUM (III) IN LiCl-KCl-CsCl EUTECTIC BASED MELTS
Osipenko A.A. 614

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОПАНТОВ И ПАРАМЕТРОВ СИНТЕЗА НА КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ ЦЕНТРЫ ПОВЕРХНОСТИ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ
Осолихина А.Ю., Берескина П.А., Машковцев М.А. 615

РАМАНОВСКОЕ ГИПЕРКАРТИРОВАНИЕ ЗУБНОЙ ТКАНИ ЧЕЛОВЕКА: АНАЛИЗ И СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ
Панкрушина Е.А., Киселева Д.В. 617

ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ САМАРИЯ И ИТТЕРБИЯ ЛАНТАНОТЕРМИЧЕСКИМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ
Петров А.И., Фофанов Г.Л., Иванов В.А., Щетинский А.В., Половов И.Б., Ребрин О.И. 620

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В СЛОЖНОМ ОКСИДЕ $PrBaMn_2O_6$-δ
Пикуло А.А., Данилов Д.А., Кудякова В.С., Сунцов А.Ю. 622

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНИОНОВ SO_4^{2-}, NO_3^-, PO_4^{3-}, Cl^- ВО FLiNaK МЕТОДОМ КАПИЛЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОФОРЕЗА
Платонова М.А., Данилов Д.А. 624

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТОНКИХ ПЛЁНОК ИТТРИЙ-ЕВРОПИЕВЫХ СИСТЕМ
Поливода Д.О., Гордеев Е.В., Машковцев М.А., Алешин Д.К. 626

РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕССНОЙ МЕТОДИКИ ПОЛУКОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА $KAlCl_4$ МЕТОДОМ ФУРЬЕ-ИК СПЕКТРОМЕТРИИ
Попиловская К.Л., Данилов Д.А., Ившина А.А., Половов И.Б. 628

ЭНЗИМОПОДОБНАЯ КАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИОКСИДА ЦЕРИЯ, СТАБИЛИЗИРОВАННОГО МАЛЬТОДЕКСТРИНОМ
Пронина М.О., Бакшеев Е.О., Машковцев М.А., Бажукова И.Н. 630

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИМЕСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВЫСОКОЧИСТОМ ОКСИДЕ СКАНДИЯ

Романова Д.О., Лисиенко Д.Г., Домбровская М.А. 631

АЛЮМИНОТЕРМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ ИЗ МЕТАЛЛОВ IV И V ГРУПП

Русских А.С., Красиков С.А., Жилина Е.М. 632

РАСТВОРИМОСТЬ ОКСИДА НЕОДИМА В СОЛЕВЫХ РАСПЛАВАХ НА ОСНОВЕ ГАЛОГЕНИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ И ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

Рыжов А.А., Петров А.И., Иванов А.Б., Мухамадеев А.С., Щетинский А.В., Половов И.Б., Волкович В.А. 634

СИНТЕЗ МОНОКРИСТАЛЛА НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКОГО МОНООКСИДА НИОБИЯ

Валеева А.А., Салихянова Л.Р., Ремпель А.А. 636

ПРОБОПОДГОТОВКА СУРЬМЯНИСТЫХ РУД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЙ МАКРО- И МИКРОКОМПОНЕНТОВ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ АНАЛИЗА

Салтыкова Ю.П., Абрамов А.В., Чукин А.В. 638

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ РАСПЛАВОВ xLi_2O-$(100-x)B_2O_3$

Самойлова М.А., Хохряков А.А., Иванов А.В., Рябов В.В. 639

АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Сехлеян О.Э., Воронина А.В. 640

ЕСТЬ ЛИ ЧАСТИЦЫ МИКРОПЛАСТИКА В СОВРЕМЕННЫХ АНТРОПОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ГОРОДОВ РОССИИ?

Селезнев А.А., Панкрушина Е.А., Михалевский Г.Б. 642

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОРБЦИИ РАДИЯ-223 И ПОЛОНИЯ-210 НА ТОНКОСЛОЙНОМ ДИОКСИДЕ МАРГАНЦА

Семенищев В.С., Томашова Л.А. 644

СИНТЕЗ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА АКТИВИРОВАННЫХ Dy^{3+} МАТРИЦ СО СТРУКТУРОЙ ТИПА АПАТИТ СИЛИКАТА

Шебухова Е.А., Васин А.А., Зуев М.Г. 646

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ НА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ РЗЭ ИЗ ФОСФОГИПСА

Шестаков К.Д., Кириллов С.В., Иванов А.В. 647

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ НАНОТУБУЛЯРНОГО ДИОКСИДА ТИТАНА

Силенков С.Е., Камалов Р.В., Вохминцев А.С., Мартемьянов Н.А., Вайнштейн И.А......649

ИЗУЧЕНИЕ СОПОЛИМЕРИЗАЦИИ АЛКОКСИОЛИГО(ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ)МЕТАКРИЛАТОВ С ЛАУРИЛМЕТАКРИЛАТОМ

Симагин А.С., Каморин Д.М., Орехов Д.В., Баринов А.А. 651

КИНЕТИКА СОРБЦИИ ИОНОВ ПЕРЕХОДНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ СУЛЬФОЭТИЛИРОВАННЫМИ АМИНОПОЛИМЕРАМИ

Синельщикова А.Р., Капитанова Е.И., Петрова Ю.С., Неудачина Л.К., Пестов А.В. ..653

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСТРАКЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ТЕРБИЯ И ГАДОЛИНИЯ ИЗ СОЛЯНОКИСЛОЙ СРЕДЫ

Котова М.В., Рычков В.Н., Кириллов Е.В., Кириллов С.В., Буньков Г.М., Боталов М.С., Смышляев Д.В......655

СПОСОБ СИНТЕЗА КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ И ТВЕРДОГО РАСТВОРА ОКСИДОВ ЦЕРИЯ И ЦИРКОНИЯ

Солодовникова П.А., Пономарёв А.В., Гурьянова А.А., Машковцев М.А., Берёскина П.А., Бакшеев Е.О., Рычков В.Н......656

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ИК-СПЕКТРЫ УРАНАТОВ РУБИДИЯ И ЦЕЗИЯ

Старыгина П.Ю., Волкович В.А......658

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПАЛЛАДИЯ В РАСПЛАВЕ ЭВТЕКТИЧЕСКОЙ СМЕСИ ХЛОРИДОВ ЛИТИЯ, КАЛИЯ И ЦЕЗИЯ

Стрепетов К.Е., Осипенко А.А., Волкович В.А......660

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ

Султанова Д. Т., Ющенко А. К[1], Хорошавцева Н.В., Митюшова Ю.А., Денисова Э.И., Карташов В.В., Денисова О.В., Марков А.А. 661

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 ИЗ ПРИРОДНЫХ ВОД СОРБЕНТАМИ НА ОСНОВЕ ОПАЛ-КРИСТОБАЛИТОВЫХ ПОРОД

Свиридов Д.В., Никифоров А.Ф., Семенищев В.С......662

СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ГАЛЛИЯ ИЗ СОЛЯНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ

Свирский И.А., Абакумова Е. В[1], Титова С.М. 664

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГАЗОВЫХ СЕПАРАТОРОВ УСТАНОВКИ КОМПЛЕКСНОЙ ПОДГОТОВКИ ГАЗА

Бузлуков А.А., Таранова Л.В. 665

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ СТРОНЦИЯ-90 СОРБЕНТОМ НА ОСНОВЕ АМИНИРОВАННОГО ПОЛИСТИРОЛА С ПРИВИТЫМИ МОЛЕКУЛАМИ - ХЛОРМЕТИЛДИБЕНЗО-18-КРАУН-6
Тарасовских Т.В., Недобух Т.А., Максимовских А.И. 667

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОСАЖДЕНИЯ ГИДРОКСИДНЫХ ОСАДКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД
Татьянникова Е.М., Царев Н.С. 669

ВЫДЕЛЕНИЕ МАГНИЯ И СКАНДИЯ ИЗ СИДЕРИТА С ПОЛУЧЕНИЕМ КОНЦЕНТРАТА ЖЕЛЕЗА
Таукин А.О., Киекбаев У.Р., Попов Д.С., Смышляев Д.В., Кириллов С.В., Кириллов Е.В., Буньков Г.М., Боталов М.С., Рычков В.Н. 671

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЕМКОСТИ ВЕЩЕСТВ РАЗНОЙ ГИДРОФИЛЬНОСТИ В СОСТАВЕ ВИТАМИННЫХ ПРЕПАРАТОВ
Тимина Д.С., Газизуллина Е.Р., Герасимова Е.Л., Иванова А.В. 673

СОРБЦИЯ ВОЛЬФРАМА ИЗ РАСТВОРОВ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ АНИОНИТОМ PUROLITE A830
Балдина А.П., Титова С.М., Наливайко К.А., Липатова М.Е., Буньков Г.М. 675

КИНЕТИКА СОРБЦИИ СКАНДИЯ АМФОЛИТОМ LEWATIT TP 260 ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ
Наливайко К.А., Титова С.М., Балдина А.П., Яковлева О.В., Кириллов Е.В. 677

СПЕКТРОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИХЛОРИДОВ ЛАНТАНИДОВ (Yb, Sm, Eu) В РАСПЛАВАХ ХЛОРИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ
Тропин О.А., Костюков Е.А., Волкович В.А. 678

TITANIUM WASTEWATER SLUDGE PROCESSING
Tsarev N.S., Gorbich T.A. 680

СИНТЕЗ ОБРАЗЦОВ СРАВНЕНИЯ ОКСИДА СКАНДИЯ МЕТОДОМ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ С ЛИТИЙ-БОРАТНЫМ ФЛЮСОМ
Кочергина Е.В., Вагина А.О., Абрамов А.В., Ребрин О.И. 681

СОРБЦИЯ ДОКСОРУБИЦИНА НА ПОВЕРХНОСТЬ SiO_2/АМИНОПРОПИЛСИЛАН МОДИФИЦИРОВАННЫХ МАНГИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ
Вахрушев А.В., Дёмин А.М., Валова М.С., Минин А.С., Краснов В.П. 682

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ ФОСФАТОВ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПОРОШКАМИ ОКСИДА ЦИРКОНИЯ
Верещагин А.О., Машковцев М.А., Прибытов М.Д. 684

РАЗДЕЛЕНИЕ ЛАНТАНА И ЦЕРИЯ НА СУЛЬФОКАТИОНИТЕ PUROLITE C-160
Яковлева О.В., Абдрахманова А.К., Титова С.М., Наливайко К.А., Кириллов Е.В., Рычков В.Н. *686*

СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЗМ ИЗ НИТРОФОСФАТНОГО РАСТВОРА ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ АПАТИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА
Юлдашбаева А.Р., Кириллов Е.В., Кириллов С.В., Буньков Г.М., Малышев А.С. *688*

ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАТИНОВОГО ДИСКОВОГО ЭЛЕКТРОДА МЕТОДОМ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОГРАФТИНГА АМИНОБЕНЗОЙНЫХ КИСЛОТ
Зайдуллина Р.А., Свалова Т.С., Сайгушкина А.А., Малышева Н.Н., Козицина А.Н. *689*

ОКИСЛЕТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА САМАРИЯ В РАСПЛАВАХ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ $CaCl_2$–CaF_2
Захарова В.В., Волкович В.А. *690*

СИНТЕЗ АЗИД-МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦ МАГНЕТИТА ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ИММУНОАНАЛИЗА
Ждановских В.О. *693*

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВКИ КАРБОНАТ-ИОНОВ НА СВОЙСТВА ГИДРАТИРОВАННОГО ОКСИДА ЦИРКОНИЯ ПРИ ОСАЖДЕНИИ
Жестева А.Н., Жиренкина Н.В., Машковцев М.А., Карташов В.В. *694*

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РН ОСАЖДЕНИЯ В ПРИСУТСТВИИ СУЛЬФАТ-ИОНОВ, СТАДИЙ ПРОМЫВКИ И ОБЖИГА НА СВОЙСТВА ПОРОШКОВ ZrO_2 – 7%Y_2O_3
Жиренкина Н.В., Машковцев М.А., Карташов В.В. *696*

КИНЕТИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ЦИНКА С КОМПОНЕНТАМИ СИНТЕЗ-ГАЗА
Каграманов Ю.А., Морозов Я.О., Жижина У.В., Тупоногов В.Г., Рыжков А.Ф. *698*

ВЛИЯНИЕ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ IV-V ГРУПП НА СТРУКТУРУ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭКВИАТОМНЫХ АЛЮМИНИЙ-МАРГАНЕЦ-ХРОМ- ЖЕЛЕЗО-СОДЕРЖАЩИХ СПЛАВОВ
Журавлев В.В., Красиков С.А. *700*

Секция 5 Материаловедение 702

PROBING PROPERTIES OF 6061 ALUMINUM ALLOY USED AS CLADDING FOR NUCLEAR REACTOR FUEL WITH X-RAY DIFFRACTION (XRD)
Mahmoud. H. Abd-Elhakim, Mostafa Mostafa, Mostafa Darwash, M. Abdel-Rahman, M. A. Abdel-rahman, Emad A. Badawi *703*

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕДИ И СПЛАВОВ МЕДИ ПРИ УДАРНО-ВОЛНОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ
Абдуллина Д.Н., Хомская И.В., Разоренов С.В., Шорохов Е.В., Гаркушин Г.В. *704*

КОРРОЗИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В РАСПЛАВАХ $KCl–LiCl–UCl_3$
Алимгулов Р.Р., Трубченинова А.Ю., Чукин А.В., Карпов В.В., Абрамов А.В., Жиляков А.Ю., Половов И.Б., Ребрин О.И. *706*

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ $EuFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$ ($0 \leq X \leq$)
Альхамова А. Д., Галайда А. П., Волкова Н. Е., Гаврилова Л. Я., Черепанов В. А. *707*

ТЕРМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ МНОГОСЛОЙНОЙ СТРУКТУРЫ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ $[In_2O_3/C]_{25}$
Бассараб В. В., Панков С. Ю., Каширин М. А. *708*

МОДИФИКАЦИЯ КРАФТОВОЙ БУМАГИ ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ ЕЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ
Басырова С.И., Галиханов М.Ф., Шаймухаметова И.Ф., Богданова С.А., Махотина Л.Г. *710*

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СОСТАВА Pr-Ba-Fe-Co-O
Базуева М.В. *711*

СИНТЕЗ НАНОСТРУКТУР НА МЕТЕОРИТЕ ЧИНГЕ
Бегунова А.С., Яковлев Г.А., Камалов Р.В., Панкрушина Е.А., Гроховский В.И. *713*

МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНА УЛЬТРАЗВУКОМ И КАВИТАЦИОННЫМ ЭФФЕКТОМ
Белоусов И.Ф., Капустин С.Н., Керимов Р.С. *715*

ИОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ $BaLaIn_{1-x}Ti_xO_{4+0.5x}$ СО СТРУКТУРОЙ РАДДЛЕСДЕНА-ПОППЕРА
Бердникова А.А[1], Галишева А.О., Тарасова Н.А., Анимица И.Е. *716*

НАПРАВЛЕННАЯ МОДИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ FeNi НАНОТРУБОК
Боргеков Д., Козловский А. *717*

ИЗОТЕРМИЧЕСКИЙ ОТЖИГ ЖЕЛЕЗО-НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ВНЕЗЕМНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 700 °C
Брусницына Е.В., Муфтахетдинова Р.Ф., Яковлев Г.А., Тютрина Т. В., Гроховский В.И. *719*

ОБЛАСТЬ ГОМОГЕННОСТИ И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ТВЁРДЫХ РАСТВОРОВ $Y_2Ba_3Fe_{5-z}Co_zO_{13+\delta}$ И $YFe_{1-y}Co_yO_{3\pm\delta}$

Брюзгина А.В. , Соломахина Е.Е., Коломиец Е.С., Кузнецова Е.В., Урусова А.С. 721

ФАЗОВЫЙ КОМПЛЕКС ТРЕХКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ИЗ ХРОМАТОВ ЛИТИЯ, КАЛИЯ И РУБИДИЯ

Бурчаков А.В., Сидоров А.А. 722

НОВЫЕ ПРОТОННЫЕ ПРОВОДНИКИ $BaLaIn_{1-x}Nb_xO_{4+x}$ СО СТРУКТУРОЙ РАДДЛЕСДЕНА-ПОППЕРА: СИНТЕЗ, ПРОЦЕССЫ ГИДРАТАЦИИ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СВОЙСТВА

Буряк А.А., Галишева А.А., Тарасова Н.А., Анимица 724

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И КИСЛОРОДНАЯ НЕСТЕХИОМЕТРИЯ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ НА ОСНОВЕ $SrFeO_3$ ДОПИРОВАННОГО Ho

Чекушина Я. В., Хвостова Л. В., Волкова Н. Е., Черепанов В. А. 725

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАНОМОДИФИЦИРОВАНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Чернецкий И.В., Карташов В.В......727

ТЕРМОЭДС ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУР In_2O_3/SiO_2

Четверикова А. П., Каширин М. А., Макагонов В. А., Фошин В. А......728

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕРЕННОЙ СТРУКТУРЫ В СТАЛЯХ ПОСЛЕ ТМСР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРИЕНТАЦИОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Данилов С.В., Масленников К.Б., Урцев Н.В., Лобанов М.Л. 730

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ ГАЛЛУАЗИТНЫХ НАНОТРУБЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ЭПР СПЕКТРОСКОПИИ РН-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ НИТРОКСИДНЫХ РАДИКАЛОВ

Давыдов Д.Р., Антонов Д. О., Ковалева Е. Г......732

СИНТЕЗ, ПРОЦЕССЫ ГИДРАТАЦИИ И ПРОТОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ $BaLa_{0.9}M_{0.1}InO_{3.95}$ (M=Zn, Mg)

Дмитриева А.А., Галишева А.О., Тарасова Н.А., Анимица И.Е......734

РАДИОЗАЩИТНЫЕ СВИНЦОВОБОРАТНЫЕ СТЕКЛА

Дяденко М.В., Сидоревич А.Г......736

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ГЕТЕРОГЕННОЙ ДОБАВКИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ $CaWO_4$

Ефимова А.Н., Пестерева Н.Н., Гусева А.Ф. 737

СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НОВОГО ПЕРОВСКИТА $La_4In_2Zn_2O_{11}$

Егорова А.В., Терещенко А.Р., Белова К.Г., Анимица И.Е. 739

ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ НАНОУГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ

Ерофеев М.Е., Райков Д.В. 741

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ МЕДИ, МАГНИЯ И АЛЮМИНИЯ

Фадеев З.С., Кругликов Н.А. 742

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ НА ОСНОВЕ ЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА И РЕЗИНЫ

Федоров К.П., Кругликов Н.А. 744

MACHINE LEARNING METHODS FOR PREDICTING LATTICE CHARACTERISTICS OF MATERIALS

Filanovich A.N., Povzner A.A. 746

ВОЗМОЖНОСТИ ДСК МЕТОДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОКСИДНОЙ КЕРАМИКИ

Фролов Е.И., Звонарев С.В. 747

КОРРОЗИЯ СПЛАВОВ ТИПА 625 В ХЛОРАЛЮМИНАТНЫХ РАСПЛАВАХ

Габдрахманова Д.Р. 748

ИОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ $BaLa_{1-x}Ba_xInO_{4-0.5x}$ СО СТРУКТУРОЙ РАДДЛЕСДЕНА-ПОППЕРА

Галишева А.О., Дмитриева А.А., Тарасова Н.А., Анимица И.Е. 750

ВИД ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ В РЯДУ СИСТЕМ $NaX\text{-}NaBr\text{-}Na_2SO_4$ (X - F, Cl, I)

Фролов Е.И., Финогенов А.А., Гаркушин И.К. 751

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ YAG КЕРАМИКИ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОРЯЧЕГО ИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ (HIP)

Гаврин В.А., Лукьяшин К.Е., Осипов В.В. 753

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ Ni–Cr–Mo, Ni-Mo-Ta И Ni-Mo-Nb

Гибадуллина А. Ф., Половов И. Б. 754

ВЛИЯНИЕ ТИТАНА И ЦИРКОНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Al-4%Cu

Гилев И.О., Котенков П.В., Концевой Ю.В., Шубин А.Б. 755

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРЕТНОГО ЭФФЕКТА НА БУМАЖНЫЕ ОБЕЗЗОЛЕННЫЕ ФИЛЬТРЫ
Гильфанова С.В., Галиханов М.Ф., Галеева Л.Р. *757*

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА БИНАРНЫХ КОМПОЗИТОВ Cu/Mg
Калонов А.А., Волков А.Ю., Глухов А.В., Кошевой П.С. *758*

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИЛАКТИДА С МИНЕРАЛЬНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ
Камалова Р.И., Шарипова Г.Ф., Галиханов М.Ф., Загидуллина И.А., Хайруллин Р.З. *760*

ПОИСК РЕЖИМА АНОДИРОВАНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА
Карамулин А.С., Русаков К.А. *762*

СИНТЕЗ КЕРАМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН ZrO_2-Y_2O_3 МЕТОДОМ ПРОПИТКИ НЕТКАНОГО ВИСКОЗНОГО МАТЕРИАЛА
Карпова П.А., Титова С.М., Карташов В.В. *763*

ОСОБЕННОСТИ ХАРАКТЕРИЗАЦИИ ВЫСОКОЧИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ
Касилюнас А.В., Медведевских М.Ю., Сергеева А.С., Чувилина Е.Л., Арзманова А.Б. ... *765*

THE MAGNESIA CASTABLES DEVELOPMENT FOR LINING THE STEEL LADLE A SLAG BELT
Khafizova A.R., Zemlyanoi K.G. *767*

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОБРАЗЦОВ НА ОСНОВЕ Al–ДОПИРОВАННОГО ИНДАТА БАРИЯ
Христова М.О. *769*

ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ И КИСЛОРОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $La_{1.5}Sr_{0.5}Ni_{1-x}Mn_xO_{4\pm\delta}$ ($x\leq0.$)
Хузягулов Э.Р., Гилев А.Р., Киселев Е.А., Черепанов В.А. *770*

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ ОБЩЕГО СОСТАВА $Sr_{4-r}Ln_rFe_3O_{10-d}$ (Ln=Sm, Gd)
Хвостова Л.В., Волкова Н.Е., Черепанов В.А. *772*

ПОЛУЧЕНИЕ И АТТЕСТАЦИЯ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ $Bi(Fe,Nb)VO_x$
Кочергина Д. Э., Крылов А. А., Буянова Е. С. *773*

ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ В БИОСОВМЕСТИМЫХ СПЛАВАХ Ti-39Nb-5Zr, Ti-39Nb-5Zr-2Sn, Ti-39Nb-5Zr-2Sn-2Ta ПРИ ДЕФОРМАЦИОННОМ И ТЕРМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ
Коренев А.А., Гриб С.В., Илларионов А.Г. *775*

ПОЛУЧЕНИЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДА $PtAl_2$ МЕТОДОМ КРУЧЕНИЯ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ
Кошевой П.С., Волков А.Ю. *777*

ФОРМИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ АЛЮМИНИДОВ В СИСТЕМЕ Al-Cu-Ti-Hf
Котенков П.В., Гилев И.О., Попова Э.А., Быков А.С., Шубин А.Б. *778*

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОРРОЗИИ СТАЛИ ЭП-823Ш В СВИНЦЕ
Козлова А.А., Голосов О.А., Кузина Т.Л. *780*

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В КВАЗИЧЕТВЕРНОЙ СИСТЕМЕ “La_2FeO_4.” – “Ca_2FeO_4” – “Ca_2NiO_3” – La_2NiO_4 ПРИ 1373 К НА ВОЗДУХЕ
Кудашева Е.В., Суханов К.С., Гилев А.Р., Киселев Е.А., Черепанов В.А. *781*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОСАЖДЕНИЯ НА ФОРМУ И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЧАСТИЦ ГИДРОКСИДОВ И ОКСИДОВ ХРОМА
Курасова Ю.Д., Жиренкина Н.В., Машковцев М.А., Карташов В.В. *783*

ФОТОКАТАЛИЗАТОРЫ 1% $Pt/Cd_{0.6}Zn_{0.4}S/ZnS$ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ РАСТВОРОВ КОМПОНЕНТОВ БИОМАССЫ
Куренкова А.Ю., Козлова Е.А. *785*

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КАВИТАЦИИ И УЛЬТРАЗВУКА НА ТИТАНОВЫЙ СПЛАВ МЕТОДОМ ПОЗИТРОННОЙ АННИГИЛЯЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ
Капустин С. Н., Кузив И. В. *787*

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ В АРКТИКЕ
Ладвищенко А.А., Лагунов А.Ю. *788*

ГИДРОФОБНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОЛУКОВИЦ
Лях Н.Л., Капустин С.Н. *790*

ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ В СИСТЕМАХ (Gd, Pr)-Sr-Co-O: СИНТЕЗ, КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И КИСЛОРОДНАЯ НЕСТЕХИОМЕТРИЯ
Маклакова А.В., Власова М.А., Волкова Н.Е. *791*

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ОКСИДОВ $Nd_{1.6}Ca_{0.4}Ni_{1-x}Cu_xO_4$, КАК ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНЫХ ТОТЭ
Максимчук Т.Ю., Филонова Е.А., Пикалова Е.Ю., Русских О.В. *793*

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СУЛЬФИДОВ КАДМИЯ И ЦИНКА ДЛЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВИДИМОГО СВЕТА В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ

Марковская Д.В., Журенок А.В., Козлова Е.А. *795*

ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТОВ С КИСЛОРОДНО-ИОННОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ НА ОСНОВЕ ДИМОЛИБДАТА ЛАНТАНА

Матвеев Е.С., Свищев А.С., Антропова А.Н., Боровикова Ю.А., Кочетова Н.А. *797*

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ $Bi_{22}W_{5-x}M_xO_{48-\delta}$ (M= Mn, Fe, Co)

Маякова А.С., Каймиева О.С., Буянова Е.С., Петрова С.А. *799*

ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБНОСТИ ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ К РАЗРУШЕНИЮ И ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЮ МЕТОДОМ НАНОИНДЕНТИРОВАНИЯ

Минин М.Г., Коссович Е.Л., Добрякова Н.Н., Просина В.А. *801*

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА И ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПОНЕНТОВ НЕФТИ

Минзагирова А.М., Гильманова А. Р., Галиханов М.Ф., Борисова Ю.Ю. , Борисов Д.Н. *803*

КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЗАМЕЩЕННЫХ ВАНАДАТОВ ВИСМУТА. ПОЛУЧЕНИЕ,СВОЙСТВА И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Мокрушина А.Г., Крылов А.А., Емельянова Ю.В., Буянова Е.С. *805*

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВА МЕТЕОРИТА СЕЙМЧАН (PMG) ПОСЛЕ СЖАТИЯ СФЕРИЧЕСКИ СХОДЯЩИМИСЯ УДАРНЫМИ ВОЛНАМИ

Муфтахетдинова Р.Ф., Гроховский В.И. *807*

АМОРФИЗАЦИЯ ИЗ ТВЕРДОГО СОСТОЯНИЯ В СИСТЕМЕ Fe-Si-Cu-Mg-O

Никульченков Н.Н., Резник П.Л. *809*

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ СВАРНЫХ ШВОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ СТЫКОВОЙ СВАРКОЙ

Шлеенков А. С., Шлеенков С. А., Новгородов Д. В., Губанов Я. В. *811*

ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ ДОБАВОК СЛОЖНООКСИДНОГО ГЕТЕРОГЕННОГО ДОПАНТА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОТОННОГО ПРОВОДНИКА $Ba_2In_2O_5$

Орлова К.А., Матвеев Е.С., Кочетова Н.А. *812*

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ХИМИЧЕСКИХ СРЕД

Кононова В.М., Оруджова О.Н., Шинкарук А.А., Попова О.Н. *814*

ВЛИЯНИЕ АРМИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ДВОЙНЫХ И ТРОЙНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИАПАТИТА
Переверзев Д.И., Гиниятуллин И.М., Богданова Е.А. 816

SYNTHESIS CHARACTERISTIC, STRUCTURE AND CATALYTIC ACTIVITY OF PEROVSKITES $La_{0.9}M_{0.1}MnO_3$ (M – ALKALI METAL Li-Cs): EFFECT OF ION SIZE
Permiakova A.E., Russkih O.V., Ostroushko A.A. 818

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ Al-Ti-Ni-Mo, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ
Пономаренко А.А., Красиков С.А. 819

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА НАНОЧАСТИЦ В УГЛЕРОДНОЙ ОБОЛОЧКЕ Fe@C МЕТОДОМ ЯМР
Прокопьев Д.А., Гермов А.Ю., Михалёв К.Н., Уймин М.А., Ермаков А.Е., Конев А.С. 821

АЛГОРИТМ ОБРАЗОВАНИЯ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ТЕКСТУРЫ В НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ПРИ ТМСР
Резник П.Л., Данилов С.В., Редикульцев А.А., Лобанов М.Л. 822

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВАНАДИЙ-ЗАМЕЩЕННЫХ ВОЛЬФРАМАТОВ ВИСМУТА
Сабирова И. Э., Каймиева О. С., Буянова Е. С., Петрова С. А. 824

АККУМУЛИРОВАНИЕ ВОДОРОДА В ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ НА БАЗЕ НИКЕЛЯ
Звягинцева А.В., Самофалова А.С. 826

СЛОЖНЫЕ ОКСИДЫ ОБЩЕГО СОСТАВА $Sr_{(-x)}Pr_xFeO_{(-\delta)}$ И $Sr_{(-y)}Pr_yFeO_{(-\delta)}$
Савельева О.А., Хвостова Л.В., Волкова Н.Е., Черепанов В.А. 828

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДИСПЕРСНЫХ ТУГОПЛАВКИХ ЧАСТИЦ ПРИ ЦЕНТРОБЕЖНОМ ЛИТЬЕ
Аникеев А.Н., Алексеев И.А., Чуманов И.В., Сергеев Д.В., Седухин В.В. 829

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ АНОДОВ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ ЯЧЕЕК ГРЕТЦЕЛЯ
Селянин И.О., Ворох А.С., Степарук А.С., Иргашев Р.А. 831

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВВОДИМЫХ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ В МЕТАЛЛЕ В ПРОЦЕССЕ ЕГО ВЫПЛАВКИ
Сергеев Д.В., Аникеев А.Н., Чуманов И.В. 832

ВЫСОКОПОРИСТЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ $Cd_2Zr_2O_7$

Шатковский Я.А., Закиров И.Ф., Карташов В.В. *835*

La_2CuO_4 AS A PROMISING OXYGEN CARRIER FOR CLOU PROCESS

Shishkin R.A. *837*

ВЯЗКОСТЬ РАСПЛАВА Fe12Mn2C

Синицин Н.И., Чикова О.А., Вьюхин В.В. *838*

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ НА СВОЙСТВА ОБЪЕМНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МАТРИЦЫ АЛЮМИНИЯ, АРМИРОВАННОЙ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОВОЛОКНАМИ

Скворцова А.Н. *841*

МАГНИТНАЯ СТРУКТУРА И НАНОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЕЧЕННЫХ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ Nd-Dy-Fe-B МАРКИ USC-20L

Слинкин И.В., Чикова О.А. *843*

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕТЛИ МАГНИТНОГО ГИСТЕРЕЗИСА ДЛЯ АНАЛИЗА КОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ СТАЛИ

Соколов Р.А., Новиков В.Ф., Муратов К.Р. *845*

INVESTIGATION OF LINEAR OPTICAL PARAMETERS AND DIELECTRIC PROPERTIES OF PVA–ZnO NANOCOMPOSITE FILMS

Soliman T. S., Elkalashy Sh.I., Rashad A.M., Ali I.A., Khater S.I. *847*

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ОКСИДНОГО МАТЕРИАЛА СОСТАВА $Y_2Ba_3Fe_{3.3}Co_{1.7}O_{13+\delta}$

Соломахина Е. Е., Брюзгина А. В., Урусова А. С. *848*

АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙНОГО РАЗРУШЕНИЯ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ ГТК 10-

Рыбалко В.Г., Новгородов Д.В., Сурков А.Ю. *850*

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ $Sr_3Fe_{2-x}Cu_xO_{7+\delta}$

Суздалова А.В., Русских О. В. , Пикалова Е.Ю., Филонова Е.А. *852*

СТАБИЛЬНОСТЬ К ТЕМПЕРАТУРНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ КВАЗИКРИСТАЛЛОВ Al–Co–Ni И Al–Cu–Fe ПРИ ПРОПИТКЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сыроватко Ю. В. *854*

ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКИХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК С ПОМОЩЬЮ ХИМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ

Цыкарева Ю.В., Капустин С.Н. *856*

ИММОБИЛИЗАЦИЯ КОЛЛОИДНЫХ ЧАСТИЦ CdS В АНАТАЗ/БРУКИТНУЮ МАТРИЦУ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ: МИКРОСКОПИЯ, КР-СПЕКТРОСКОПИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ

Ульянова Е.С., Кожевникова Н.С., Ворох А.С., Замятин Д.А., Мурзакаев А. М., Юшков А.А., Еняшин А. Н., Шалаева Е.В. *858*

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ КАРБИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Вараксин А.В., Костылев В.А., Петрова С.А., Ремпель А.А. *860*

ОПТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ДЕФЕКТОВ В СЛОИСТЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ НАНОСТРУКТУРАХ

Веревкина К.Ю., Яцышен В.В. *861*

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ОКСИДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В СИСТЕМЕ Y-Ca-Co-O ПРИ 900 °C

Визнер А.С., Брюзгина А.В., Урусова А.С., Аксенова Т.В. *863*

ОСАЖДЕНИЕ УГЛЕРОДА В МАТРИЦЫ НАНОПОРИСТОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ

Юферов Ю. В., Зыков Ф. М., Райков Д. В., Карташов В.В. *865*

ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫЕ СПЛАВЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Зайцева К.В., Юрьев А.А., Сидоров Н.И., Ремпель А.А. *867*

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Закиров И.Ф., Иванова Ю.В., Шак А.В. *868*

СОВМЕСТНЫЙ АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ (JPD-АНАЛИЗ) В ИССЛЕДОВАНИИ НЕОДНОРОДНОГО СТРОЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Замятин Д.А. *870*

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ МЕТАЛЛОТЕРМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДИОКСИДА ТИТАНА НА ФАЗООБРАЗОВАНИЕ АЛЮМИНИДОВ ТИТАНА

Осинкина Т.В., Красиков С.А., Русских А.С., Жилина Е.М., Долматов А.В., Апакашев Р.А., Мандана Адели[3] *872*

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ТОНКИХ ПЛЕНОК Al_2O_3 МЕТОДОМ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКЦИИ
Жукова М.О., Чукин А.В. 873

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОТРУБЧАТОГО ОКСИДА ТИТАНА ПОКРЫТЫХ УГЛЕРОДОМ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ
Юферов Ю.В., Зыков Ф.М., Райков Д.В., Карташов В.В., Попов И.Д. 875

Секция 6. Информационные системы и технологии 877

СТОХАСТИЧЕСКОЕ РАЗРУШЕНИЕ ОСЦИЛЛЯЦИОННОГО РЕЖИМА СОСУЩЕСТВОВАНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ В МОДЕЛИ "ХИЩНИК--ДВЕ ЖЕРТВЫ"
Абрамова Е.П., Перевалова Т.В. 878

О РЕЙТИНГЕ УНИВЕРСИТЕТОВ QS WORLD UNIVERSITY RANKINGS
Скрипин А.В., Рогович В.И. 879

СРАВНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ РОДО-ВИДОВЫХ ОТНОШЕНИЙ ГЛАГОЛОВ: МОРФОЛОГИЯ ПРОТИВ СИНТАКСИСА И ВЕКТОРНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ СЛОВ
Антропова О.И., Огородникова Е.А. 881

РАЗВИТИЕ МЕТОДА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРЕДОПЕРАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗУБНОГО РЯДА
Арбузов Е.В., Маркина С.Э. 882

РАЗВИТИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ
Астахова Е.А., Солонин Е.Б., Мартынова Е.В. 884

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ МАТРИЦ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОБОЧНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
Бахрачева Ю.С., Кайгородова А.В., Бережная Д.А. 886

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ В МОБИЛЬНОМ ПРИЛОЖЕНИИ ТИПА “ГОРОДСКОЙ КВЕСТ”
Балакин С.Д. 887

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАССИВНОГО ТЕПЛООТВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОСИФОНА ПРИ ХРАНЕНИИ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА
Балдин А.М., Куртеев А.В., Севастьянов М.М., Ташлыков О.Л. 888

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДИНАМИКА ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
Балякин И.А., Ремпель А.А. 890

О ПРИМЕНЕНИИ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОДХОДА В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПОВЫШЕННОЙ НАДЁЖНОСТИ
Банников И.К., Рогович В.И. 892

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРА URAN И ТЕХНОЛОГИИ OPENMP ДЛЯ РАСЧЕТА МНОЖЕСТВ УПРАВЛЯЕМОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ
Белоусов А.Н., Матвийчук А.Р., Григорьев А.М., Зимовец А.А. 893

РЕГУЛЯРНЫЕ И ХАОТИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ В СИСТЕМЕ СВЯЗАННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ
Беляев А.В., Ряшко Л.Б. 895

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НАСТОЛЬНОЙ ИГРЫ HEX
Бикмурзин М.А., Мазуренко В.В. 896

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ UX В РАМКАХ ФРЕЙМВОРКА QT
Близнецова В.В., Кузнецов М.А., Неудачин И.Г. 898

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ДЕБАЯ И УРАВНЕНИЯ ШЕРРЕРА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ
Бокуняева А.О., Ворох А.С. 900

РЕШЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЗАДАЧИ О МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РАДИАЛЬНО ВЫТЕСНЯЕМОЙ ЖИДКОСТИ
Черноскутов А.С., Мартюшев Л.М. 902

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ОПТИМАЛЬНОГО ДОСТАТОЧНОГО НАБОРА ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ РУССКОЯЗЫЧНЫХ ТЕКСТОВ
Черных Я.А., Филимонов В.В., Живодеров А.А. 903

RECURRENT NETWORK CLASSIFIER FOR ULTRAFAST SKYRMION DYNAMICS
Deviatov A.Ya. 904

СИСТЕМНО-СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ IT-СПЕЦИАЛИСТА
Донцов О.Г., Гольдштейн С.Л. 906

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННОГО НАУЧНОГО ЖУРНАЛА
Доронина А.В., Грицюк Е.М., Солонин Е.Б. *907*

EVALUATION OF JOINT UNSUPERVISED LEARNING IN A WIDE RANGE OF BIOMEDICAL APPLICATIONS
Doroinin I.D., Evstratov A.S., Zalyatsky G.S., Bolkisev I.A., Teplova T.I., Usova K.V., Podpryatov V.A., Ushenin K.S. *909*

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ РОССИИ В 2017 ГОДУ
Дроздов В.А., Неудачин И.Г. *910*

САМООПТИМИЗИРУЮЩАЯСЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗАДАЧАМИ В ГЕТЕРОГЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ НА БАЗЕ SLURM
Дудина А.С., Улитко В.А., Аверьянова А.Н. *911*

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ СИСТЕМЫ ДОКУМЕНТООБОРОТА В МНОГОПРОФИЛЬНОМ МЕДИЦИНСКОМ ЦЕНТРЕ
Ефремова В.А., Гольдштейн С.Л., Грицюк Е.М. *913*

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
Эркенова М.У., Эльканова Л.М. *914*

СОЗДАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ НАВИГАЦИИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОВЗ
Гайюлин Д.В. *915*

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ, ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩИХ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ СТРАТЕГИЙ
Гусев А.О., Мартюшев Л.М. *917*

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ОБНАРУЖЕНИЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ТРАФИКА
Гущина Ю.М., Бабенко А.А. *918*

РАЗВИТИЕ МОДЕЛИ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ОШИБОК ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В РАМКАХ МЕТОДОЛОГИИ GIT FLOW
Янкиева К.Е., Кузнецов М.А., Аверьянова А.Н. *920*

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОБЛЕМ В СИСТЕМЕ РАСПОЗНАВАНИЯ МАРКЕРОВ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ
Касоян К.Ф., Рогович В.И., Евсегнеев О.А. *921*

СЕЛЕКТИВНАЯ ОБРАБОТКА КТ-СНИМКОВ ТРАБЕКУЛЯРНОЙ КОСТНОЙ ТКАНИ ПРИ НАЛИЧИИ АРТЕФАКТОВ В ВИДЕ ПОГРУЖНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ
Худякова Я.О., Маркина С.Э. 923

АДДИТИВНЫЕ 3D-ТЕХНОЛОГИИ В ОПЕРАТИВНОЙ ТРАВМАТОЛОГИИ
Кочегаров А.А., Маркина С.Э. 924

МЕТОДИКА РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ АЛГОРИТМА МЕТРОПОЛИСА ДЛЯ ПРОИЗВОЛЬНОЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ
Колотов И.М., Штоль Л.В[1], Улитко В.А. 926

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСАХ
Кононов М.Н., Авдеева Т.И., Кононова Н.В., Андрусенко Ю.А. 927

МОДЕРНИЗАЦИЯ МОДУЛЯ «ПОСЕЛЕНИЕ» В ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ УРФУ
Корчагин И.С., Рогович В.И. 928

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ С РАДИОАКТИВНЫМИ СРЕДАМИ
Костарев В.С., Литвинов Д.Н., Ташлыков О.Л., Климова В.А. 930

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ РАБОТ В ГУ МЧС РОССИИ ПО СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ
Козлова О.А., Ковалёв В.В. 932

STAR VM VIRTUAL MACHINE
Kraglik I.D. 933

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ОДНОРОДНОГО КЕРНА МЕТОДОМ УПАКОВКИ СФЕРОПОЛИЭДРОВ: ВЛИЯНИЕ ДИЛАТАЦИИ НА ПОРИСТОСТЬ
Кунцевич Н.А., Студенок С.И., Петрова Е.В. 935

ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАНАЛА С МИШЕНЯМИ ДЛЯ НАРАБОТКИ ИЗОТОПА СЕЛЕН-75
Литвинов Д.Н., Костарев В.С., Ташлыков О.Л., Климова В.А., Аристов Н.М., Злоказов С.Б. 937

ОПТИМИЗАЦИЯ КАСКАДА С ДВУМЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ОТБОРАМИ ДЛЯ ОДНОВРЕМЕННОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ИЗОТОПОВ МОЛИБДЕНА
Лубнин С.С., Палкин В.А. *939*

О РОЛИ ЦИФРОВИЗАЦИИ В ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ
Лукьяненко В.Ю., Ташлыков О.Л. *940*

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ МЕДИЦИНСКОГО АРХИВА
Лян И.А., Солонин Е.Б., Грицюк Е.М., Гольдштейн С.Л. *942*

РАЗРАБОТКА АИС ВЫБОРА ПРОГРАММ РЕАБИЛИТАЦИИ В МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНОМ РЕАБИЛИТАЦИОННОМ ЦЕНТРЕ
Махкамов П.Б., Козлова В.П. *944*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЦЕН НА АКТИВЫ ДЛЯ ГИБРИДНОГО РЫНКА
Маклакова Е.И., Перевалова Т.В. *945*

УКАЗАТЕЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ УПРУГИХ МОДУЛЕЙ 3D И 4D-АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ
Берестова С.А., Мамылин Д.А. *946*

РАЗВИТИЕ КОГНИТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ
Сачков И.Н., Турыгина В.Ф., Форд В., Матковская А.В. *948*

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ, КАК ЭТАП ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ АО «ИРМ»
Михайлова А.Ф., Ташлыков О.Л. *950*

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR AUTOMATIC RECOGNITION OF INFANT GENERAL MOVEMENT ASSESSMENT
Mikhailov I.O., Gajniyarov I. M., Starodubtsev I.S., Palchik A.B. *952*

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПОВЕЩЕНИЯ ДИСПЕТЧЕРОВ ПСЧ
Морозова А.Ю., Ковалев В.В., Попов Д.А. *953*

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ АНОМАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ОБЪЕКТОВ
Бызов Д.Д., Муравьев Л.А. *954*

РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТЯМИ В РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
Омаров А.А., Кузнецов М.А., Рогович В.И. *956*

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ СТРУЙНЫХ ТЕЧЕНИЙ ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ РАЗРЕЖЕННОМ ГАЗЕ
Панова А.А., Токманцев В.И. *958*

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ВИРТУАЛЬНОЙ БРОНХОСКОПИИ
Павловская Я.С. *959*

МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ КАРБОНИТРИДНОГО ТОПЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА ПОГРУЖЕННОГО АТОМА
Пицхелаури С.С., Сеитов Д.Д., Некрасов К.А., Гупта С.К. *961*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ПРОВОДИМОСТИ ДВУМЕРНОЙ СИСТЕМЫ СВИНЦОВЫХ ШАРИКОВ
Позигун Г.А., Мартюшев Л.М. *962*

КОНЕЧНЫЙ АВТОМАТ КАК ОБЪЕКТ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ
Пруткова С.А., Петрухнова Г.В. *964*

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ СУСПЕНЗИЙ МЕТОДОМ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ

РАЗВИТИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ РЕТИНОПАТИИ НЕДОНОШЕННЫХ
Романова Д.В., Грицюк Е.М., Кара-Ушанов В.Ю., Степанова Е.А. *967*

РАСЧЕТ ПРОФИЛЯ РАДИАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ И ИНТЕГРАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ПЛАЗМЕННОГО ШНУРА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ AXUV–БОЛОМЕТРА
Ротман Д.Н., Радченко В.И. *969*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДРЕВОВИДНЫХ СТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ
Русова Д.А., Звонарев К.В., Мартюшев Л.М. *970*

СРАВНЕНИЕ АРХИТЕКТУР НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА СЕРДЦА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ЭХОКАРДИОГРАФИИ
Шека А.С., Самунь В.С., Соловьёва О.Э., Чумарная Т.В. *972*

МЕЖЧАСТИЧНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ ДЛЯ МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ КАСКАДОВ СТОЛКНОВЕНИЙ НА ГАЗОВЫЕ ПУЗЫРЬКИ В ДИОКСИДЕ ПЛУТОНИЯ
Сеитов Д.Д., Пицхелаури С.С., Некрасов К.А., Купряжкин А.Я. *973*

РАЗВИТИЕ МОДЕЛИ КАРТИРОВАНИЯ ГЛИАЛЬНЫХ ОПУХОЛЕЙ ДЛЯ ИНТРАОПЕРАЦИОННОГО ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ
Семёнов Н.С., Соловьёва С.Н. 975

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВ ПОВОРОТА ГОЛОВЫ ПО ВЫБОРОЧНОМУ НАБОРУ КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК ЛИЦА
Шека А.С., Самунь В.С. 976

ДИФФУЗИЯ ГЕЛИЯ ВДОЛЬ КОЛЬЦЕВОЙ ДИСЛОКАЦИИ В ДИОКСИДЕ УРАНА. МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
Шекунов Г.С., Некрасов К.А. 978

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ КРУПНОСТИ КАТОДНОГО ПОРОШКА ТИТАНА И ВЫХОДА ПО ТОКУ ОТ ПЛОТНОСТИ ТОКА
Щербаков Д.М., Вахитов А.И., Смирнов Г.Б. 979

ОБЗОР АКТУАЛЬНЫХ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ БАЗ ДАННЫХ
Шевцов В.Ю., Бабенко А.А., Касимовский Н.П. 981

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПАССИВНОГО ОТВОДА ТЕПЛА ШАХТЫ-ХРАНИЛИЩА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ИВВ-2М
Шумков Д.Е., Ташлыков О.Л. 983

ОТБОР ИЗ АКУШЕРСКОГО АНАМНЕЗА ЖЕНЩИН ПРИЗНАКОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ИСХОД БЕРЕМЕННОСТИ, ПОЛУЧЕННОЙ С ПОМОЩЬЮ ЭКО
Синотова С.Л., Лимановская О.В., Плаксина А.Н. 984

ПРОБЛЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ В ЦЕЛЯХ ЭКСПОРТНОГО КОНТРОЛЯ В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УНИВЕРСИТЕТОВ
Скрипов А.П. 986

СЕГМЕНТАЦИЯ ОБЛАСТЕЙ КОСТНОЙ ТКАНИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ГРАНИЦ РАЗНОЙ ПЛОТНОСТИ
Скворцов К.М., Маркина С.Э. 988

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАДАЧАМИ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ЦСПА
Соловьев Е.С., Рогович В.И., Топорков Д.Н. 989

STUDYING RECOGNITION DYNAMICS OF MONOCHROME SYMBOLIC IMAGES BY A RAPID SERIAL VISUAL PRESENTATION METHOD
Tarasova T.D., Sergeev A.P., Tarasov D.A. 991

АЛГОРИТМЫ ОЦЕНКИ ТЯЖЕСТИ КОСТНОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ В ОПЕРАТИВНОЙ ТРАВМОТОЛОГИИ
Толмачева Ю.М., Маркина С.Э. *993*

ОБ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ МЕХАНИЗМА ПЕРЕГРУЗКИ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ РЕАКТОРА БН-800
Чан К.Ч., Долгий Ю.Ф., Сесекин А.Н., Ташлыков О.Л. *994*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВОЗРАСТНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО КОНТЕНТА
Тростьянская П.В., Бахрачева Ю.С. *996*

АНАЛИЗ ДЛИН СЛОВ И ПРЕДЛОЖЕНИЙ В ТЕКСТАХ ПУБЛИЧНЫХ ВЫСТУПЛЕНИЙ
Цижмовска Н.Л., Мартюшев Л.М. *998*

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В РАМКАХ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ
Усманов Р.Ф. *1000*

РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНОГО КОДА ДЛЯ ПРОГРАММЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ ОПЕРАТОРА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ИВВ-2М
Васютин Н.А., Литовченко В.Ю., Ташлыков О.Л., Козлов А.В., Селезнев Е.Н. *1001*

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНОГО УЧАСТКА ТРУБОПРОВОДА С НЕГЕРМЕТИЧНОСТЬЮ
Шлык Ю.К., Ведерникова Ю.А., Бондаренко С.Ю. *1003*

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ ИСХОДНОГО КОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ UML
Захарова Е.С., Кузнецов М.А., Евсегнеев О.А. *1005*

РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ КОНВЕРТАЦИИ ИСХОДНОГО КОДА DELPHI 7 В DELPHI XE
Захаров П.В., Лютов А.С., Аверьянова А.Н. *1007*

ОПТИМИЗАЦИЯ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BIM-ПРОЕКТИРОВАНИЯ
Завадский Д.И., Ташлыков О.Л. *1008*

РАЗВИТИЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ТОРАКОСКОПИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ НА ЛЕГКИХ
Зеликсон С.В. *1010*

Секция 7. Биоинженерия и биотехнологии 1012

CHIMERIC ANIMALS
Abrego G.A.N., Kanwugu O.N., Ivantsova M.N. 1013

A STUDY OF EASY MAGNETIZATION AXES OF FERRO-NANOPARTICLES ON MAGNETIC HYPERTHERMIA
Abu-Bakr A.F., Zubarev A.Yu. 1014

ТЕФЛОНОВЫЕ ЭПР ДЕТЕКТОРЫ
Агданцева Е.Н., Цмокалюк А.Н., Мильман И.И. 1015

РАДИАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ
Аглетдинов М.Р., Бажукова И.Н., Бажуков С.И. 1016

EVOLUTION OF INFLUENZA VACCINE
Almaadede A.L.S., Bulya E.T., Ivantsova M.N. 1018

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ ЛЕКАРСТВЕННОГО ПОКРЫТИЯ МЕДИЦИНСКИХ СТЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПВП С ВВЕДЕННЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ
Ан Е.Э., Звонарева Д.А., Запороцкова И.В. 1019

ЗАДАЧА ПРЕСЛЕДОВАНИЯ ПРОСТЕЙШИХ ОРГАНИЗМОВ ДЛЯ СЛУЧАЯ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ
Мелких А.В., Анисимов А.Ф. 1020

X-RAY IMAGE SEGMENTATION WITH THE USE OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS
Artemyev M.S. , Serazetdinov A.R. , Smirnov A.A. 1022

МЕТОД МЕТА-АНАЛИЗА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИИ КАРДИОМИОЦИТОВ
Зарипов В. Р., Аверченко М.А., Нестерова Т.М., Рокеах Р.О., Заякин М.С., Ушенин К.С. 1023

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИОКСИДА ЦЕРИЯ В СОСТАВЕ УФ-ФИЛЬТРОВ
Байнова В.К., Бажукова И.Н. 1024

THE THYROID «ACTIVITY-DOSE RATE» CONVERSION FACTORS FOR RADIOIODINES IN CATTLE IRRADIATION
Basova M.A., Medzhidov I.M., Kozmin G.V., Kurachenko Yu.A. 1025

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D ПЕЧАТИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ ФАНТОМОВ В МЕДИЦИНСКОЙ РАДИОЛОГИИ
Беляев Д.В., Панкин В.В., Вазиров Р.А. *1027*

EDIBLE VACCINES AGAINST HEPATITIS B
Bondareva P.S., Okechukwu Q.N., Ivantsova M.N. *1028*

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЧАСТОТЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КАЛЬЦИЕВЫХ СПАРКОВ В МИОКАРДЕ В НОРМЕ И ПРИ ПАТОЛОГИИ
Борисова В.А., Мячина Т.А., Бутова К.А., Хохлова А.Д. *1030*

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ НЕОДНОРОДНОСТИ СОКРАТИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ МИОКАРДА ПРЕДСЕРДИЙ И ЖЕЛУДОЧКОВ
Бутова К.А., Мячина Т.А., Хохлова А.Д. *1032*

АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ ПОКРЫТИЙ ИЗ УГЛЕРОДА И СЕРЕБРА
Чуманова А.А., Вазиров Р.А. *1034*

EFFECT OF SEED SURFACE STERILIZATION METHOD IN ENDOPHYTIC BACTERIA FROM VARIOUS PLANTS (BLACK TURTLE BEANS, PEAS, AND BARLEY)
Darkazanli M., Kiseleva I. *1035*

RADIOACTIVE PARTICLES TRANSPORT AND ABSORBED DOSES DISTRIBUTION IN THE RATS' GASTROINTESTINAL TRACT
Denisova E.N., Snegirev A.S., Kurachenko Yu.A., Kozmin G.V. *1037*

РЕСТАВРАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СТОМАТОЛОГИИ
Девятерикова Т.С., Ивашов А.С., Зайцев Д.В. *1039*

РАЗРАБОТКА БЕЗАЛКОГОЛЬНОГО НАПИТКА ДЛЯ ЛЮДЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА СУБАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ
Дигтяренко Л.А., Белина С.А. *1040*

SEARCH FOR SIGNIFICANT PARAMETERS OF HEART RATE VARIABILITY FOR ASSESSING ATHLETES FITNESS
Dolganov A.Yu., Osadchikova L.S. *1041*

BENEFITS AND LIMITATIONS OF USING BIOPESTICIDES
Essiedu J.A., Adepoju F.O. , Ivantsova M.N. *1042*

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА КАНАЛА КОНТРОЛЯ ВЕЛИЧИНЫ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ СИСТЕМЫ РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ В ПОСТИНСУЛЬТНЫЙ ПЕРИОД
Габдрахманова А.Р., Тюрина М.М. *1044*

ПРОБЛЕМА НЕДОСТАТКА ЙОДА У БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН, ПРОЖИВАЮЩИХ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ
Галанина К.А., Буракова Л.Н. *1046*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D ПЕЧАТИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ БОЛЮСОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ КУРСОВ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ
Гасилова Е.К., Беляев Д.В. , Вазиров Р.А. *1047*

ПОИСК ПУТЕЙ ПОЛУЧЕНИЯ ФУКОИДАНА ИЗ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ FUCUS VESICULOSUS И LAMINARIAE THALLI
Сопелкина К.И., Гейде И.В., Селезнева И.С. *1049*

АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЗНАЧЕНИЙ ФАКТОРА ИЗМЕНЕНИЯ ДОЗЫ ДЛЯ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДОВ ЦЕРИЯ, ЗОЛОТА И ГАФНИЯ
Герасимов А.С., Вазиров Р.А. *1050*

AN OVERVIEW OF TRANSGENIC ANIMALS: PROMISE AND PERILS
Ghanbari M., Ivantsova M.N., Atambire A. *1052*

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ТУБЕРКУЛЕЗА
Гривков А.В., Смирнов А.А. *1053*

КОНЦЕНТРАЦИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА, МЕТАНА И МОНОКСИДА УГЛЕРОДА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА
Гуляев Е.А., Антонов К.Л., Маркелов Ю.И. *1054*

СЫРЬЕВАЯ БАЗА ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВОГО БЕЛКА ИЗ УГЛЕВОДОРОДОВ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Гусева А.И. *1056*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЙОГУРТА, ПРИГОТОВЛЕННОГО В ТАРЕ, ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОБРАБОТАННОЙ ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ
Ишкова М.И., Селезнева И.С., Баранова А.А. *1058*

МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕКТРОВ ЭПР ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ВОЛОСА ЛЮДЕЙ ЗДОРОВЫХ И С ВЫЯВЛЕННОЙ ПАТОЛОГИЕЙ
Изможерова К.Д., Байтимиров Д.Р. *1060*

AN AUTOMATED CLASSIFIER AND COUNTER FOR MICROBIOLOGICAL OBJECTS
Izmozherov I.B., Smirnov A.A. *1062*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТУБУЛЕНОВ В СТОМАТОЛОГИИ
Какорина О.А., Какорин И.А., Запороцкова И.В. *1063*

MODELING OF CERIUM OXIDE NANOPARTICLES PHARMACOKINETICS
Kasyanova V.V., Bazhukova I.N. *1064*

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЦИОНОВ ПИТАНИЯ И ЗДОРОВЬЯ КОРЕННОГО И ПРИЕЗЖЕГО НАСЕЛЕНИЯ НОВОГО УРЕНГОЯ
Казаринова К.С., Неверов В.Ю. *1066*

PARTICULATE MATTER VARIATION FOR DIFFERENT TYPES OF CIGARETTES IN INDOOR AIR
Khalaf H.N., Mostafa M.Y.A., Zhukovsky M.V. *1068*

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ, ЧАСТИЧНО ПОКРЫТОГО СЕРЕБРОМ
Киселева М.А., Соковнин С.Ю., Балезин М.Е. *1069*

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЗАПОТЕВАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ
Киселева М.С., Бурдина Е.И., Сафонов А.И., Старинский С.В. *1071*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА ХРАНЕНИЯ МЯСА ПТИЦЫ
Колеватых Д.О., Селезнева И.С., Баранова А.А. *1073*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЬЮРИНГОВСКИХ ПАТТЕРНОВ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МОДЕЛЯХ РЕАКЦИИ-ДИФФУЗИИ С АВТОКОЛЕБАНИЯМИ
Колиниченко А.П., Ряшко Л.Б. *1074*

ПРИМЕНЕНИЕ МАЛЫХ ДОЗ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ РОСТА И СТИМУЛЯЦИИ
Коротовских О.И., Вазиров Р.А., Баранова А.А., Агданцева Е.Н. *1075*

ИНГИБИРОВАНИЕ ПРОРАСТАНИЯ КАРТОФЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ
Костина Е.В., Баранова А.А., Вазиров Р.А., Селезнева И.С. *1077*

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ДЛЯ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА ОДИНОЧНЫХ КАРДИОМИОЦИТАХ
Крылов О.А., Волжанинов Д.А., Хохлова А.Д. *1079*

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ НАНОПОРОШКОВ Al_2O_3+Ag НАПРАВЛЕННЫ НА ДОСТАВКУ ЛЕКАРСТВ
Малова О.А., Соковнин С.Ю[1], Балезин М. Е. *1081*

EVALUATION OF THE DOSIMETRIC PARAMETERS FOR 252CF DURING INTERSTITIAL BRACHYTHERAPY OF HEAD AND NECK ORGANS
Medzhidov I.M., Basova M.A., Kurachenko Yu.A. *1082*

ALGORITHM FOR CALCULATING THE DISTANCE BETWEEN THE ELECTRODES ON X-RAY IMAGES
Samiyaa Yaseen Mohammed[1], Chumarnaya T.V., Ushenin K.S. *1084*

ВЫЯВЛЕНИЕ ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ И СИСТЕМА ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СПОРТСМЕНОВ В ХОККЕЙНОЙ ПРАКТИКЕ
Мулин А.А., Вазиров Р.А., Луганский Н.В. *1085*

ПРИМЕНЕНИЕ ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЭЛЕКРОМЕХАНИЧЕСКОЕ СОПРЯЖЕНИЕ КЛЕТОК СЕРДЦА
Мячина Т.А., Бутова К.А., Клинова С.В., Хохлова А.Д. *1087*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ЦЕРИЯ В КАЧЕСТВЕ ФОТОКАТАЛИЗАТОРА
Мышкина А.В., Бажукова И.Н., Бакшеев Е.О. *1089*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ЦЕРИЯ НА РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ МАКРОФАГОВ
Наумова А.С., Вазиров Р.А., Улитко М.В., Соковнин С.Ю. *1090*

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СИДРА
Нехорошкова Т.Е., Агданцева Е.Н., Баранова А.А., Вазиров Р.А., Токарева М.И. *1092*

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОСТНОЙ ТКАНИ ПОСЛЕ ЗАМЕЩЕНИЯ КОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ У ПОДОПЫТНЫХ ЖИВОТНЫХ
Неретина Е.С., Измоденова М.Ю., Гилев М.В., Зайцев Д.В. *1093*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СВОЙСТВ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ ОТ ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ИОННЫХ ТОКОВ НА ПОПУЛЯЦИИ МОДЕЛЕЙ КАРДИОМИОЦИТОВ ПРЕДСЕРДИЯ ЧЕЛОВЕКА
Нестерова Т.М., Шмарко Д.В., Ушенин К.С. *1094*

РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ ТЮМЕНИ И ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ
Никитина Е.В., Тригуб В.В. *1096*

BIODEGRADABLE PLASTICS (BIOPLASTICS): PROSPECTS AND APPLICATION
Nutakor C., Ivantsova M.N., Kanwugu O.N. *1097*

OPPORTUNITIES AND ADVANTAGES OF A PORTABLE RADIOMETRIC SYSTEM IN OPHTHALMOLOGY
Pankin S.V., Surdo A.I., Pankin V.V., Zelenin A.V. *1098*

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ САМООРГАНИЗАЦИЯ В ДИФФУЗИОННОЙ МОДЕЛИ ГЛИКОЛИЗА
Панкратов А.А., Башкирцева И.А. *1099*

РАДИАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ, СОДЕРЖАЩИХ ВИТАМИН С
Филиппов Д.А., Бажукова И.Н., Бажуков С.И. *1100*

BIOSYNTHESIS OF VITAMINS BY LACTIC ACID BACTERIA IN FERMENTED FOOD PRODUCTS TO TACKLE FOOD INSECURITY: A SYSTEMATIC REVIEW
Pokharkar O.V., Okechukwu Q.N., Ivantsova M.N. *1101*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИИ МИОКАРДА НА МОЛЕКУЛЯРНО-КЛЕТОЧНОМ УРОВНЕ В НОРМЕ И ПРИ ПАТОЛОГИИ
Политова Е.А., Мячина Т.А., Бутова К А., Берг В.Ю., Щепкин Д.В., Копылова Г.В., Хохлова А.Д. *1103*

ИЗУЧЕНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ И ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ВИННЫХ ДРОЖЖЕЙ
Полозникова Д.Н., Токарева М.И., Селезнёва И.С., Агданцева Е.Н., Баранова А.А., Вазиров Р.А. *1105*

ВЛИЯНИЕ НЕЙРОЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ НА КОЖНО-ГАЛЬВАНИЧЕСКУЮ РЕАКЦИЮ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ОБУЧАЕМОСТИ
Помосова А.А. *1107*

СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ХАТЬМЕ ТЮРИНГСКОЙ И РЯБИНЕ
Понасюк Е.А., Буракова Л.Н. *1109*

РАЗРАБОТКА НОВОЙ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Репилова К.А., Тригуб В.В. *1110*

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ЭХОКАРДИОГРАФИИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ НЕЛИНЕЙНОГО СНИЖЕНИЯ РАЗМЕРНОСТИ ДАННЫХ

Рокеах Р.О., Ушенин К.С., Чумарная Т.В. *1112*

THE EFFECT OF RADIATION ON WHEAT GRAINS

Sadek W.H., Vasirov R.A., Baranova A.A., Selesneva I.S. *1113*

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ РИСКА ПОТЕРИ ЗДОРОВЬЯ НА СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ РАБОТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Савинцева М.С., Константинова Е.Д., Маслакова Т.А., Вараксин А.Н., Анцыгин И.Н. *1114*

THE APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELING METHODS IN THE EVALUATION THE RISK OF AN INCREASED INTRAOCULAR PRESSURE AFTER LASER VISION CORRECTION

Senchukov M.N., Pershina L.Yu., Karyakina O.E., Orudzhova O.N., Karyakin A.A. *1116*

ПОРТАТИВНАЯ МЕДИЦИНСКАЯ РАДИОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Севастьянов М.С., Хохлов К.О., Панкин В.В. , Сарычев М.Н. *1117*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОКСИЧЕСКИХ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА РАЗЛИЧНЫХ ХЕМОСЕНСОРОВ

Щапов И.Е., Баранова А.А., Хохлов К.О. *1118*

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АЭРОЗОЛЯ В ПРИЗЕМНОМ ВОЗДУХЕ СРЕДНЕГО УРАЛА

Щелканов А.А., Поддубный В.А., Маркелов Ю.И., Лужецкая А.П., Гадельшин В.М., Коваленко М.А., Блинова М.О., Нигматзянов Р.Р. *1120*

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ФАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ

Шикляева К.А., Буракова И.Н. *1122*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ НЕОНАТАЛЬНЫХ КАРДИОМИОЦИТОВ КРЫСЫ МЕТОДОМ ПОПУЛЯЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Шмарко Д.В., Нестерова Т.М., Ушенин К.С. *1123*

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА СЕРДЦА ЧЕЛОВЕКА

Шолохов В.Д., Ушенин К.С., Докучаев А.Д., Хамзин С.Ю., Зверев В.С. *1125*

РАЗРАБОТКА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ДЕФИБРИЛЛЯТОРА

Сидорова А.А., Севастьянов М.С., Хохлов К.О. *1126*

РЕГИОНАЛЬНЫЕ РАЗЛИЧИЯ АКТИН-МИОЗИНОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В МИОКАРДЕ ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ СВИНЦОВОЙ ИНТОКСИКАЦИИ ОРГАНИЗМА КРЫСЫ

Герцен О.П., Симанова Ю.А., Тышова В.О., Набиев С.Р., Никитина Л.В., Селезнева И.С. *1128*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ СЕРДЦА

Слабодчикова Д.С., Соколова К.В., Хохлова А.Д. *1130*

ОПТИЧЕСКИЙ ЗАХВАТ И МАНИПУЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИМИ МИКРОЧАСТИЦАМИ С ЦИФРОВЫМ ГОЛОГРАФИЧЕСКИМ ВИЗИРОВАНИЕМ

Соколенко Б.В., Шостка Н.В., Полетаев Д.А. *1131*

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Стрижак Я.А., Попов В.Г. *1133*

МЕТОД ЭПР СПЕКТРОМЕТРИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Тарханова Е.А., Цмокалюк А.Н., Агданцева Е.Н., Вазиров Р.А., Соковнин С.Ю. *1135*

АКТИН-МИОЗИНОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В МИОКАРДЕ ПРАВОГО ЖЕЛУДОЧКА ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ХРОНИЧЕСКОЙ ИНТОКСИКАЦИИ ОРГАНИЗМА СОЛЯМИ СВИНЦА И КАДМИЯ

Герцен О.П., Тышова В.О., Симанова Ю.А., Набиев С.Р., Никитина Л.В., Селезнева И.С. *1136*

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИИ КАРДИОМИОЦИТОВ ПО ПСЕВДО-ЭКГ

Ушенин К., Фабарисова А., Богданов М., Байгильдин С. *1139*

РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МАГНИТОТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ

Волобуев П.В., Моисейкин Е.В., Новоселов В.П., Пестов К.Н., Улитко М.В., Усков Е.Д., Хохлов К.О. *1140*

ОБРАБОТКА БИОМЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ
Вертенбергер Е.И., Мезенина С.А., Нюляков Д.А., Чечулина М.Ю. *1142*

ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СОКРАЩЕНИЯ КАРДИОМИОЦИТА
Волжанинов Д.А., Крылов О.А., Хохлова А.Д. *1143*

THE CREATION OF NEW MATERIALS FOR TRANSPLANTATION
Yakimova M.S., Kanwugu O.N., Ivantsova M.N. *1145*

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПЛОТНОСТИ Т-ТУБУЛЯРНОЙ СЕТИ КАРДИОМИОЦИТОВ В ПАТОЛОГИЧЕСКИ ИЗМЕНЁННОМ МИОКАРДЕ
Якунина Е.А., Мячина Т.А., Бутова К.А., Хохлова А.Д. *1146*

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦЕРИЯ
Зафирова М.И., Мышкина А.В., Бажукова И.Н. *1148*

АНАЛИЗ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ В ТРЕХМЕРНОЙ БИОХИМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
Зайцева С.С., Башкирцева И.А. *1150*

НОВЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ ПРОБЛЕМЫ
Жиганова М.А., Николенко М.В. *1151*

ОБЗОР АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА БИОМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ
Зиганьшина А.В., Синицких К.В., Зинин И.С., Низамова А.Р. *1153*

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ БОЛЕЗНЕЙ НА ЛИСТЬЯХ РАСТЕНИЙ
Зудихина Ю.А., Смирнов А.А. *1155*

НОВОЕ СВЕРХТОНКОЕ ЛЕКАРСТВЕННОЕ ПОКРЫТИЕ БИЛИАРНЫХ СТЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПВП С ДОБАВЛЕНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК
Звонарева Д.А., Ан Е.Э., Запороцкова И.В. *1157*

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ЦЕРИЯ НА УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКА СОХРАННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ДОНОРСКОЙ КРОВИ IN VITRO
Звонарева И.А., Бажукова И.Н., Гаврилов И.В., Мещанинов В.Н. *1158*

Секция 8. Инновации и социальные технологии 1160

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО АГЕНТА К ЛОКАЛЬНОМУ СООБЩЕСТВУ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ В СЕГМЕНТЕ B2B

Берг Д.Б., Адияк Е.В., Паначев А.А. 1161

STARTUP VISA КАК ИНСТРУМЕНТ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЕКТОВ В ЭКОНОМИКУ ГОСУДАРСТВ

Бабин Н.И., Лякишева А.Д., Мясникова Д.В. 1162

НЕСТАНДАРТНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЛЕТНИХ КОВОРКИНГОВЫХ ПРОСТРАНСТВ

Барейчева М.А., Кубина Е.А., Степанова Н.Р. 1164

РАЗВИТИЕ ДОСТУПНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА «МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «ГОРОД БЕЗ ГРАНИЦ»»

Чикова Е.В., Панкова С.Н., Масленников Д.Ю., Масленникова А.Ю., Журавская В.В. 1165

COMPARATIVE ANALYSIS OF STUDENTS' MOTIVATION IN RUSSIA AND CHINA

Daineko L.V., Sun G., Karavaeva N., Yurasova I., Davy Y. 1167

БИЗНЕС-МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ОТКРЫТЫХ ИННОВАЦИЙ

Дукки А.С., Слабинский С.В. 1168

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Фатеева Ю.В., Степанов Б.П. 1169

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ И КАЛИБРОВОЧНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ

Гаянова А.Р., Белых Т.А. 1172

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПУБЛИКАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ УСПЕШНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ НАУЧНОЙ ПУБЛИКАЦИИ

Глебова О.Н. 1174

РАЗРАБОТКА KPI СОТРУДНИКА ПРИ ВНЕДРЕНИИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Гурьянова М.В., Мясникова Д.В. 1176

АППАРАТ ПОМОЩИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЮ С НАРУШЕНИЕМ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ
Капарова К.А., Бородин К.И. *1177*

ПОТЕНЦИАЛ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ
Хохлов Д.С. *1179*

ПРОЦЕДУРА ВНУТРЕННЕЙ АТТЕСТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
Худякова Д.М., Пасичник Т.Г., Сёмкин М.А. *1180*

ЦЕЛЕПОЛАГАНИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ, КАК ОСНОВА КОНКУРЕНТНОГО ПРЕИМУЩЕСТВА
Хужина Ю.О., Метелёв Д.А. *1182*

СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ КАК СРЕДСТВО КОММУНИКАЦИИ В СОВРЕМЕННОМ РОССИЙСКОМ ОБЩЕСТВЕ
Кириллова А.Е., Миронова М.В. *1184*

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И УСТРАНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НЕПОЛАДОК ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ
Киселев А.Д. *1186*

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ СТАРТАПА НА ГЛОБАЛЬНОМ РЫНКЕ ДЛЯ УСПЕШНОГО ВЕДЕНИЯ БИЗНЕСА В КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЯХ ЖИЗНИ ЛЮДЕЙ
Кондратьева С.С., Терлыга Н.Г. *1187*

ПРОБЛЕМЫ ПАТЕНТОВАНИЯ В ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Кривощекова А.Д. *1189*

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ УЧЕБНО-ДИДАКТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ
Крохин Л.А., Крохин А.Л. *1190*

VENTURE BUILDER – НОВАЯ МОДЕЛЬ ПОДДЕРЖКИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ
Лякишева А.Д., Метелев Д.А., Бабин Н.И. *1192*

ЦИФРОВАЯ АДДИКЦИЯ ШКОЛЬНИКОВ: ФЕНОМЕН И ДИАГНОСТИКА
Миниахметова И.И., Петерсон Е.Ю., Чикова О.А., Максимова Л.А. *1194*

РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА ПОСРЕДСТВОМ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ В LIGROGAME

Молоднякова А.В. *1195*

СОЦИАЛЬНЫЕ ИННОВАЦИИ

Пахомова О.А., Метелев Д.А. *1197*

ТИПОВЫЕ РИСКИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЦЕССА ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Романычева К.С., Спиридонов Д.М. *1199*

ВНЕДРЕНИЕ АДАПТИВНОГО ПОДХОДА К ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТА ПО НАПРАВЛЕНИЮ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В СИСТЕМЕ РОСТЕХНАДЗОРА РОССИИ

Саутиева Ж.М. *1200*

PRACTICAL IMPLEMENTATION OF SOCIAL TECHNOLOGIES IN TRAINING

Shalina D.S., Stepanova N.R. *1202*

ПРОБЛЕМЫ УЗНАВАЕМОСТИ ОБЩЕИЗВЕСТНЫХ ТОВАРНЫХ ЗНАКОВ

Солодникова Я.А. *1203*

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАЩЕНИЯ С ЯДЕРНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ НА АЭС

Татолина А.И., Степанов Б.П. *1205*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО РЫНКА ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОКОЛЕНИЙ Y И Z

Ведерников Б.Б., Эбенезер Агбозо *1206*

СЕКЦИЯ 1

ЯДЕРНЫЕ И РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

RADIOLOGICAL HAZARDS BY GEOCHEMICAL ANALYSIS ON THE GRANITIC ROCKS, UM TAGHER AREA, CENTRAL EASTERN DESERT, EGYPT

Awad H.A.M.[1, 2], Nastavkin A.V.[1], Zakaly H.M.H.[2, 3], El-Taher A.[2]

[1)] Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia
[2)] Al-Azhar University, Assuit Branch, Faculty of Science, Assuit, Egypt
[3)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
E-mail: hamdiawaad@gmail.com

In our study the average concentrations values of ^{226}Ra, ^{232}Th are lower than that of world's average and the average activities in Egyptian soil. While in ^{40}K series is higher than that of world's average and the average activities in Egyptian soil.

The current study aims to calculate the content of the radioactive elements of the investigated granitic rocks by radiative methods for the geochemical analyses, Practically the activity levels and distribution of natural terrestrial radionuclides of ^{226}Ra, ^{232}Th, and ^{40}K were measured by (ICP and XRF) for samples of the investigated granitic rocks collected from Um Taghir area. So that real and inevitable knowledge to use these granites in the field of construction and adornment or not and the extent of their impact on those who use them in their homes or for other purposes. In our study the average concentrations values of ^{226}Ra, ^{232}Th are lower than that of world's average and the average activities in Egyptian soil. While in ^{40}K series is higher than that of world's average and the average activities in Egyptian soil. The range of measured activities differed widely as their presence in rocks samples depends on their physical, chemical and geochemical properties and the pertinent environment.

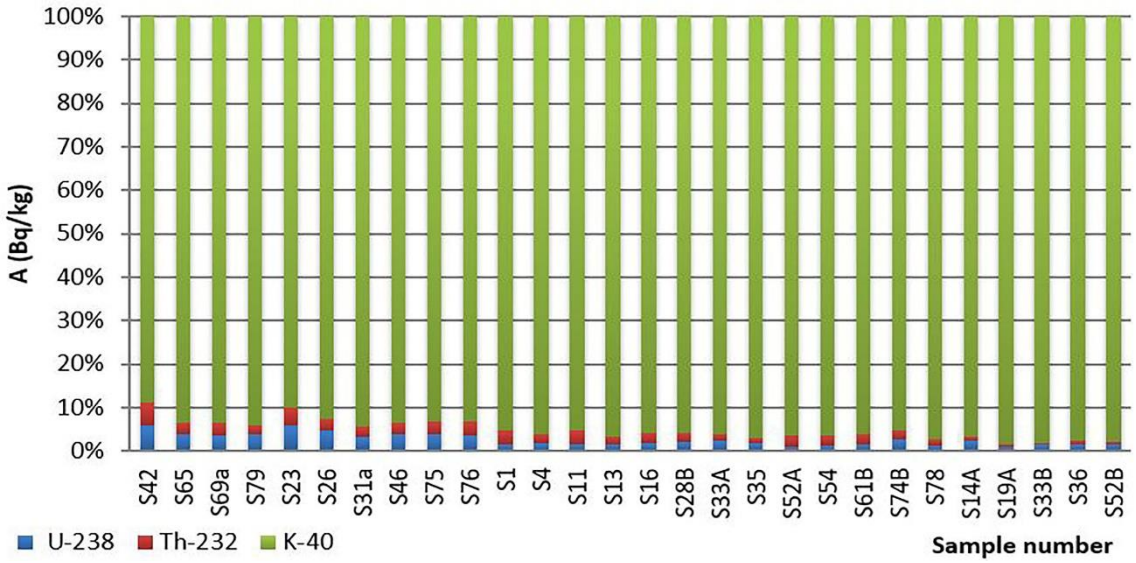


Fig. 1. The activity concentrations U-238, Th-232, and K-40 (Bq/kg) for four investigated granitic rocks

We thank professor Elena G. Panova (St Petersburg University) and lecturer Aleksey K. Sherstnev (Southern Federal University) whose contributed to completing this work.

1. A. El-Taher, H.M.H. Zakaly, R. Elsaman, "Environmental implications and spatial distribution of natural radionuclides and heavy metals in sediments from four harbours in the Egyptian Red Sea coast", in Applied Radiation and Isotopes, 131, 13-22 (2018). https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2017.09.024

2. H.A. Al-Trabulsy, A.E.M. Khater, F.I. Habbani, "Radioactivity levels and radiological hazard indices at the Saudi coastline of the Gulf of Aqaba", in Radiation Physics and Chemistry, vol. 80, issue 3, 343-348 (2011). https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2010.09.002

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ИМИТАТОРА ВЫСОКОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В ПЛЕНОЧНОМ ВЫПАРНОМ АППАРАТЕ С НИСХОДЯЩИМ ПОТОКОМ

Бир А.А.[1], Костромин К.В.[1], Новоселов И.К.[1], Звонков И.Н.[1], Хомяков А.П.[2]

[1)] АО «СвердНИИхиммаш», г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: bir92@bk.ru

RESEARCH THE PROCESS OF CONCENTRATION HIGH-LEVEL RADIOACTIVE SIMULATION WASTES ON FALLING FILM EVAPORATOR

Bir A.A.[1], Kostromin K.V.[1], Novoselov I.K.[1], Zvonkov I.N.[1], Khomyakov A.P.[2]

[1)] JSC SverdNIIchimmash, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Abstract. This paper presents the results of research the process of concentration high-level radioactive simulation solutions on falling film evaporator. During the research were determined e avoiding barium nitrate precipitation conditions.

При переработке облученного ядерного топлива (ОЯТ) методом экстракции из азотнокислых растворов образуется значительное количество жидких радиоактивных отходов. При концентрировании высокоактивного рафината с повышением концентрации азотной кислоты происходит осаждение нитрата бария. Осаждение нитрата бария приводит к кристаллизации осадка на внутренней поверхности теплообменных трубок. Переработка радиоактивных отходов, как правило, осуществляется в выпарных аппаратах циркуляционного типа.

Для определения параметров процесса концентрирования рафината в пленочном выпарном аппарате, а также условий, исключающих осаждение нитрата

бария, проведены экспериментальные исследования результаты, которых приведены в данной работе.

Исследования проводились на опытной установке, оснащенной пленочным выпарным аппаратом с нисходящим потоком при следующих технологических режимах: на водных растворах азотной кислоты и растворе-имитаторе рафината, при атмосферном давлении и разряжении, в интервале температур греющего пара от 116˚С до 135˚С, подача раствора варьировалась от 40 до 70 л/ч.

Установлено, что при концентрировании под атмосферном давлением степень упаривания была достигнута 6-ти. При разрежении 5 кПа степень упаривания достигала 12-ти. Оптимальная концентрация азотной кислоты, при которых не происходит осаждение нитрата бария, находится в диапазоне от 5,6 до 6,9 моль/л. Коэффициент теплопередачи находился в пределах от 2000 до 2200 Вт/(м^2*К) при интенсивности орошения теплообменной трубы от 700 до 750 кг/(м*ч).

Исследования показали перспективность использования пленочного выпарного аппарата с нисходящим потоком для концентрирования рафината от переработки ОЯТ с предотвращением образования осадка нитрата бария.

NPP SAFETY. RISK ASSESSMENT USING FUZZY LOGIC METHODS

Calabourdin A.V.[1], Radchenko R.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
E-mail: a.calabourdin@gmail.com

The Probabilistic Risk Assessment (PSA) method, popular in nuclear industry, does not provide valid risk estimates in cases of rare events, when there’s lack of information and uncertainty. The focus of this work is applying Fuzzy Logic approach for safety analysis of Nuclear Power Plants.

The main safety assessment method for complex systems in the classical theory of reliability is Probabilistic Safety Assessment (PSA). This is a comprehensive, structured approach in the form of a conceptual and mathematical tool for defining failure scenarios and obtaining numerical risk assessments.

However, the high reliability of technical systems, evaluated on the basis of the PSA, does not imply the actual security of those systems, since even highly reliable systems have some latent residual risk; that is, there is a possibility of a “rare event” with very significant damage. The residual risk comes from design decisions and technologies' specifics and implies a potential for a catastrophe. In the framework of “rare events” problem, the probabilistic approaches tend to be ineffective.

As an alternative to the traditional classical method of Reliability theory, which is widely used within the PSA and leads to deadlock schemes when trying to estimate risks of rare events, lies the need to create security evaluation and management systems

based on determining the level of security by comparing the estimated risks with acceptable levels, which, unlike PSA, would be applicable for rare events problems.

A measure of the security level of a system is evaluated via a set of “Risk Categories”. In cases where the probability of a risk event is almost zero or unknown, unreliable or cannot be calculated on the basis of statistics or system properties, a measure of risk as a degree of danger of a state or process, will objectively mean the real measurable danger. In these cases, for calculating risks of events occurring with probability of almost zero, become relevant, as an alternative to PSA, the methods of Fuzzy Sets and Fuzzy Logic theory.

Unlike standard logic with two binary states (1/0, Yes / No, True / False), Fuzzy Logic allows you to define intermediate values between standard estimates. In the theory of fuzzy sets, fuzzy numbers are introduced as fuzzy subsets of a specialized form corresponding to statements like “the value of a variable is approximately equal to A”. With the introduction of fuzzy numbers, it turned out to be possible to predict future parameter values that vary in the established calculation range. A set of operations on fuzzy numbers is introduced, which reduces to algebraic operations with ordinary numbers when specifying a certain confidence interval (level of belonging). The use of fuzzy numbers allows to set the estimated corridor of the values of the predicted parameters in the absence of data. As an example, in our work we consider the Mamdani algorithm for risk assessment of release of radioactivity outside the territory of nuclear power plants with a VVER type reactors.

1. Острейковский В.А., Швыряев Ю.В, “Безопасность атомных станций: вероятностный анализ”, 2008.

2. Макаров И.Н. (ред.), Малинецкий Г.Г., Кульба В.В. и др. Управление риском. (Риск. Устойчивое развитие. Синергетика.). – РАН - "Наука", М.: 2000.

3. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. — М.: Мир, 1976. — 166 с.

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИИ Sr-90 НА ТОНКОСЛОЙНОМ СОРБЕНТЕ MnO_2-ТАЦ

Черепанова М.А.[1], Семенищев В.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: maria.963@mail.ru

THE STUDY OF Sr-90 SORPTION BY A MnO_2-CTA THIN-LAYER SORBENT

Cherepanova M.A.[1], Semenishchev V.S.[1]

[1)] Ural Federal University named after First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

The work is devoted to study of sorption behavior of Sr-90 on a thin-layer sorbent based on manganese dioxide. It was shown that the sorbent possesses a significant buffer capacity changing pH to 5-6. Sorption of strontium strongly depends on volume of a solution. Additional experiments are needed

Проблема радиоактивных отходов в данное время является актуальной. ^{90}Sr образуется при делении ядер ^{235}U в ядерных реакторах и ядерном оружии, в окружающую среду попадает в результате ядерных испытаний, штатных выбросов с АЭС, аварий при переработке облученного ядерного топлива.

Стронций является аналогом кальция, способен откладываться в костях, длительное его воздействие может приводить к развитию лучевой болезни, опухолей костей, кроветворной ткани. Все эти факторы указывают на то, что нужно следить за состоянием окружающей среды в местах захоронения отходов, не допускать дальнейшего распространения радионуклидов.

Данная работа была проведена в рамках работ по разработке методики определения ^{90}Sr в воде и почве, которая будет отвечать следующим требованиям: повышение точности измерения, снижение предела обнаружения и быстрота анализа. После этапа предварительного концентрирования стронция из пробы предполагается селективное сорбционное выделение стронция из концентрата на плоском сорбенте MnO_2-ТАЦ, представляющем собой тонкослойный диоксид марганца на плоской подложке из триацетатцеллюлозы.

Было проведено два эксперимента по сорбции стронция-90 сорбенте MnO_2-ТАЦ. Было исследовано влияние pH исследуемого раствора на степень сорбции стронция. Объем раствора составлял 30 мл, площадь сорбционно-активной поверхности – 5 $см^2$. Результаты показали, что за счет буферной емкости сорбента pH во всех растворах устанавливается на уровне 6-7, при этом максимальная степень сорбции составила 50%.

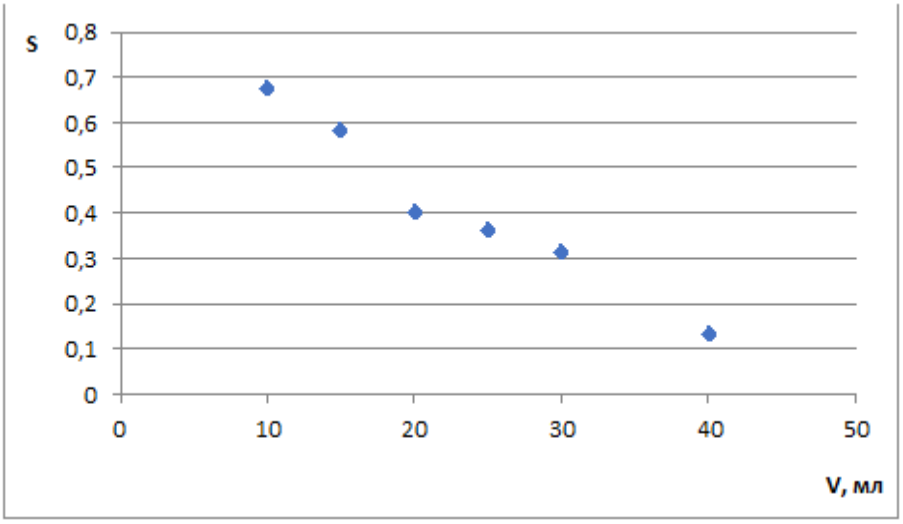


Рис. 1. Зависимость степени сорбции стронция от объема раствора

Было определено влияние объема раствора на степень сорбции при постоянной площади сорбционно-активной поверхности – 5 см^2 и pH раствора 5-6 .

Было установлено, что степень сорбции стронция практически линейно падает с увеличением объема раствора. При этом даже при объеме раствора 10 мл степень сорбции составляет менее 70%. Таким образом, требуется проведение дополнительных экспериментов для установление оптимальных условий сорбционного выделения ^{90}Sr на плоский тонкослойный сорбент.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Свердловской области в рамках научного проекта № 20-43-660055

1. Рахимова, Н.Н. Миграционные способности радионуклидов Cs-137 и Sr-90 в различных типах почв [Электронный ресурс]: научная статья / Н.Н. Рахимова, И.В. Ефремов, Е.Л. Горшенина // Вестник оренбургского государственного университета: науч.-метод. журн. – 2013. – №10(185)

ГЕНЕРАТОР МОНОДИСПЕРСНЫХ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

Жуковский М.В.[1, 2], Демисинов Д.М.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: demisinov_daniyar@mail.ru

GENERATOR OF MONODISPERSE AEROSOL PARTICLES

Zhukovsky M.V.[1, 2], Demisinov D.M.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of industrial ecology UB RAS, Yekaterinburg, Russia

In this article, special attention is paid to the study of the efficiency of catching radioactive aerosol particles of different dispersion by aerosol filters AFA RSP-20 and AFA RMP-20. The author describes the generator of monodisperse aerosols created by him.

Для контроля радиоактивного загрязнения атмосферы используются аэрозольные фильтры АФА РСП-20 и АФА РМП-20. Однако эти фильтры по-разному улавливают аэрозольные частицы определенного размера. Для нахождения этой зависимости требуются практически монодисперсные частицы. Созданный в будущем генератор монодисперсных аэрозолей будет выполнять эту функцию.

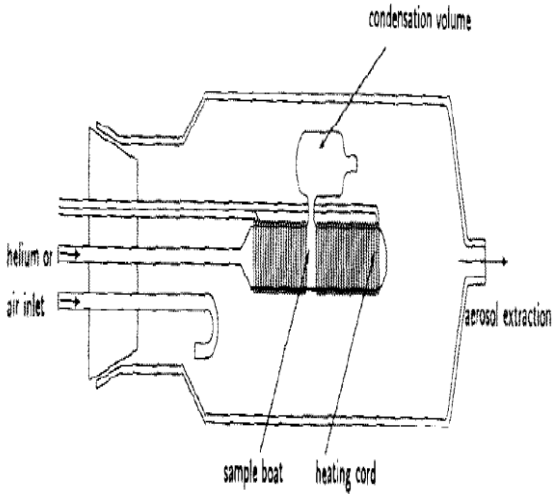


Рис. 1. Продольный разрез генератора аэрозолей [1]

Планируется создать генератор монодисперсных аэрозольных частиц на карнаубском воске (рисунок 1). Полученные аэрозольные частицы будут инжектироваться бокс, содержащий радиоактивный газ радон и его дочерние продукты распада (ДПР). Дисперсная фаза аэрозолей, связываясь с ДПР радона, образует радиоактивные аэрозоли. Далее воздух в радоновом боксе продувается через аэрозольные фильтры. Радиоактивные аэрозоли, присутствующие в данном воздухе, оседают на них. Посредством альфа-радиометра БДПА-01 снимаются кривые радиоактивного распада. Далее рассчитывается ЭРОА радона и делается вывод об

эффективности улавливания данного размера радиоактивных аэрозольных частиц.

1. Annette Paul, Uwe Keyser. A reference aerosol for a radon reference chamber // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 1995. Section A 368. 819-824.

ANALYSIS OF THE APPROACH CLASSIFICATION OF RADIOACTIVE WASTE IN THE USA AND THE RUSSIAN FEDERATION

Desyatov D.D.[1], Batakov I.S.[1], Ekidin A.A.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Industrial Ecology, Yekaterinburg, Russia
E-mail: desyatovdenis1995@gmail.com

This work includes approaches to the radioactive waste classification in the United States and the Russian Federation, as well as a comparative analysis of these approaches. The harmonization survey of the approaches of these countries with the recommendations of the IAEA was carried out.

Штатная работа АЭС сопровождается образованием побочных продуктов, одними из которых являются радиоактивные отходы. Обращение с радиоактивными отходами играет важнейшую роль для функционирования АЭС, а также относится к высшим приоритетам МАГАТЭ [1]. Основополагающим элементом обращения с радиоактивными отходами является их классификация. При классификации отходов рассматривается ряд параметров: от происхождения до биологических свойств [2]. Существуют различные методы создания системы классификации, но универсальной системы классификации отходов не существует, несмотря на многолетние попытки создать ее. Унифицированность систем классификации не только бы значительно упростила и облегчила взаимодействие, обмен информацией и опытом, особенно на международном уровне, но и снизила бы негативные последствия на население и окружающую среду.

В данной работе рассмотрены подходы к классификации РАО на примере странами-лидеров атомной отрасли, а именно, США И РФ, а также сравнительный анализ данных классификаций. Выполнен анализ согласованности подходов к классификации РАО в США и РФ к рекомендациям МАГАТЭ.

1. А.В Васильев, А.А. Екидин и др., АНРИ. – 2017. № 2 (91). С. 2-9.
2. M.I. Ojovan, W.E. Lee. An Introduction to Nuclear Waste Immobilization. – Elsevier, 2005, 315 p.

RADON CONCENTRATION AND RADON EXHALATION RATE FOR NEOPROTEROZOIC ROCKS FROM WADI UM HUYTAT IN CENTRAL EASTERN DESERT OF EGYPT

El-Taher A.[2], Zakaly H.M.H.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Physics Department, Faculty of Science, Al Azhar University, Assuit, Egypt
E-mail: professor.physics@yahoo.com

The main aim of this work was to shed more light on ^{222}Rn concentration (Bq/m^3), ^{222}Rn exhalation rate, annual effective dose (in doors) and RRLC (%), in Monzogranite, Dokhan Volcanics (Rhyolite, Dacite, Quartz andesite, Andesitic basalt), Syenogranite, Granodiorite, Gabbro and Metabasalt samples

The main aim of this work was to shed more light on ^{222}Rn concentration (Bq/m^3), ^{222}Rn exhalation rate, annual effective dose (in doors) and RRLC (%), in Monzogranite, Dokhan Volcanics (Rhyolite, Dacite, Quartz andesite, Andesitic basalt), Syenogranite, Granodiorite, Gabbro and Metabasalt samples collected from Wadi um Huytat area in Central Eastern Desert of Egypt, using Alpha GUARD. The concentrations ranging between 19.67±8.11 to 258.11±63.78 with an average value 95.28±30.72 Bq/m^3, from 0.08±0.07 to 1.89±0.49 with an average value 0.66±0.24 mBq/m^{2}s, from 0.187 to 2.453 with an average value 0.905 mSv/y and from 1.017 to 1.253 with an average value 1.089 %, respectively. The three highest values for different basement rocks were found in Syenogranite, Monzogranite and Rhyolite (sample code C22, C19, C17-1,) which have ^{222}Rn concentrations 258.11 ± 63.78, 252.78 ± 62.78 and 220.33 ± 55.78 Bq/m^3, respectively. The maximum value of radon concentration in all samples was lower than the national reference level of 300 Bq/m^3 recommended in ICRP Publication 126.

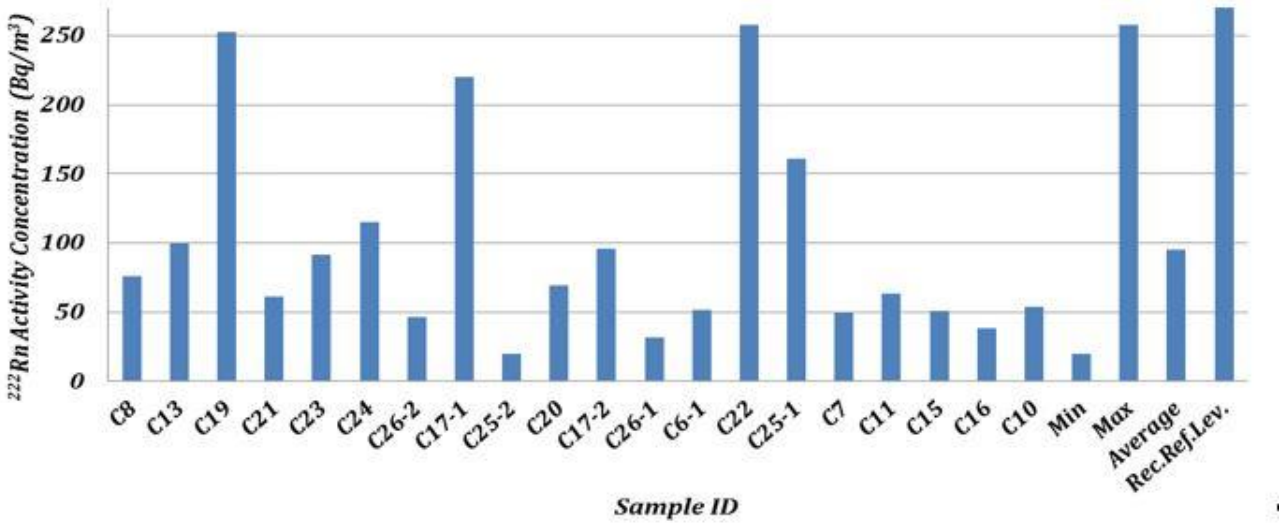


Fig. 1 - ^{222}Rn activity concentration of the samples under investigation

1. Chen, J., 2005 A Review of Radon Doses, Radiation Protection Bureau, Health Canada Radiation Protection Management 22(4): 27–31p.

2. Lubin, J. H and Boice, J. D., 1997 Lung cancer risk from residential radon meta-analysis of eight epidemiology studies, J. Nat. Cancer Institute, 89 1, pp. 49 -57.

РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЦЕПИ ДЛЯ ДОПЛЕРОВСКОГО МОДУЛЯТОРА МЕССБАУЭРОВСКОГО СПЕКТРОМЕТРА

Гангур П.В.[1], Хохлов К.О.[1], Амиров М.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: gangur97@mail.ru

DEVELOPMENT OF THE MEASURING CIRCUIT FOR THE DOPPLER MODULATOR OF THE MESSBAUER SPECTROMETER

Gangur P.V.[1], Khokhlov K.O.[1], Amirov M.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Errors in the design of the control device of the Doppler modulator were eliminated. A new element base has been selected and an electrical circuit diagram has been drawn up.

Мессбауэровская спектроскопия – метод, при помощи которого получают данные о физических и химических свойствах конденсированного состояния вещества через вклад электронной оболочки атомов в энергию ядерных уровней. Данный вид спектроскопии нашел широкое применение во многих отраслях науки: в физике твердого тела, химии, биологии, кристаллографии, геологии, археологии, а также при решении различных технических проблем.

Студентами и преподавательской группой кафедры экспериментальной физики было разработано цифровое устройство управления доплеровского модулятора, которое совмещает в себе функции задающего генератора и драйвера доплеровского модулятора. Данное устройство должно обеспечивать точность воспроизведения заданного закона изменения скорости подвижной части доплеровского модулятора, достаточной для спектрометра с высоким скоростным разрешением (не менее 512 точек в спектре).

Было произведено проектирование усовершенствованного устройства управления доплеровского модулятора, а именно, проектирование измерительной цепи для доплеровского модулятора Мессбауэрского спектрометра. Выбрана схемотехника и рассчитаны необходимые потребляемые мощности для используемых элементов.

Усовершенствование заключается в выборе нового микроконтроллера без отладочной платы, применение двухканальных аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей. Была составлена электрическая принципиальная схема. Выполнена гальваническая развязка цепей цифрового и аналогово питания. Произведен выбор меньших размеров элементов, уменьшение их количества,

уменьшение связей, но улучшение качества самих элементов и их соединений. Произведена оптимизация устройства в целом и повышено качество обработки сигнала.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАДИАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ ПРИ МАРШРУТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРПОЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ РАДИАЛЬНЫХ БАЗИСНЫХ ФУНКЦИЙ

Григорьев А.М.[1], Ташлыков О.Л.[2], Попель А.А.[1], Кропачев Ю.А.[3]

[1)] ИММ УрО РАН, Екатеринбург
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Белоярская АЭС, Заречный, Россия
E-mail: ag@uran.ru

DETERMINATION OF RADIATION FIELD PARAMETERS FOR THE PROBLEMS OF ROUTING OPTIMIZATION BASED ON INTERPOLATION WITH RADIAL BASIS FUNCTIONS

Grigoryev A.M.[1], Tashlykov O.L.[2], Popel A.A.[1], Kropachev Yu. A.[3]

[1)] N.N. Krasovskii Institute of Mathematics and Mechanics, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[3)] Beloyarsk NPP, Zarechny, Russia

Calculation and experimental studies are presented to evaluate the efficiency of interpolation using radial basis functions in determining the parameters of radiation fields in the premises of a nuclear power plant for route optimization of personnel movements taking into account obstacle avoidance.

Целью решения задач маршрутной оптимизации является нахождение минимума функционала качества – суммарной дозы облучения при выполнении комплекса работ в неоднородных радиационных полях [1]. Для решения данной задачи с необходимой точностью, требуется информация по радиационной обстановке в отдельных точках радиационно-опасной зоны. Объем данных, полученных в процессе инженерного радиационного обследования при выводе блока АЭС из эксплуатации и нерегламентных измерений, недостаточен для качественного планирования работ и оптимизации дозозатрат. В связи с этим, актуализируется значимость математических методов определения параметров радиационных полей в необходимых точках на основании полученных ранее данных в отдельных точках, тем более, что дополнительные измерения приводят к дополнительному облучению дозиметристов.

В рассматриваемой постановке имеется набор точек на плоскости, в которых были произведены замеры уровня радиации. По имеющимся данным необходимо произвести интерполяцию и построить такую «часть» плоскости, для которой известно значение радиационного параметра уже в каждой ее точке. Это требуется для нахождения функций стоимостей с учётом возможных препятствий при определении оптимального маршрута (например, «задача дозиметриста») [2-3].

Для построения фрагмента плоскости с известными значениями радиационного параметра в каждой точке сетки используется интерполяция на основе радиальных базисных функций (РБФ) [4]. Радиальные базисные функции представляют собой набор методов жесткой интерполяции; это означает, что поверхность, определяемая значениями конструируемой функции должна проходить через каждое измеренное опорное значение. РБФ часто используются для создания сглаженных поверхностей из большого количества расчётных данных. Также с их помощью можно создавать слабо изменяющиеся поверхности. Данный метод напоминает размещение резиновой мембраны между опорными точками и одновременно уменьшение общей кривизны поверхности. Выбор конкретной базисной функции определяет поведение этой мембраны между измеренными значениями.

В нашей постановке задачи, как и в реальных условиях, имеется ограниченное количество опорных значений. Поэтому выбран метод интерполяции РБФ, так как этот метод наиболее удобен для построения медленно меняющихся поверхностей при наличии достаточного количества опорных точек. Уменьшение же числа опорных точек приводит лишь к изменению формы изолиний, но общий характер поверхности изучаемого пространства (положение и интенсивность экстремумов и т.д.) сохраняется или изменяется в незначительной степени.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 20-08-00873, 18-07-00637).

1. Кропачев Ю.А., Ташлыков О.Л., Сесекин А.Н., Щеклеин С.Е., Хомяков А.П. Подсистема автоматизированной обработки данных нерегламентных измерений радиационной обстановки Ядерная и радиационная безопасность. 2019. № 3 (93). С. 26-35.

2. Кропачев Ю.А., Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е. Оптимизация радиационной защиты на этапе вывода энергоблоков АЭС из эксплуатации // Известия вузов. Ядерная энергетика. 2019. №1. С.119-130

3. Grigoryev A. M., and Tashlykov O. L. Solving a routing optimization of works in radiation fields with using a supercomputer: AIP Conference Proceedings 2015, 020028 (2018); https://doi.org/10.1063/1.5055101

4. Buhmann, Martin D. (2003), Radial Basis Functions: Theory and Implementations, Cambridge University Press, ISBN 978-0-521-63338-3

ASSESSMENT OF EFFECTIVE DOSES DUE TO INHALATION OF NATURAL RADIOACTIVITY IN THE DUST OF URBAN ENVIRONMENT

Hanfi M.Y. [1, 3], Yarmoshenko I.V. [2], Malinovsky G.P. [2]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Industrial Ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia
[3)] Nuclear Materials Authority, Maadi, Egypt
E-mail: m.nuc2012@gmail.com

The inhalation exposure to dust in the urban environment for adult and child is very important due to health issues. The effective dose is estimated depending on the daily activity and air dust concentration for the adult and child.

The inhalation exposure to dust in the urban environment for adult and child is very important due to health issues. The radionuclides Ra-226 and Th-232 were measured in the samples of urban surface deposited sediments. The average concentrations of Ra-226 and Th-232 in dust are 20.8 and 15.3 Bq kg^{-1}, respectively (1). The effective dose is estimated depending on the daily activity and air dust concentration for the adult and child. The results show that the total effective dose received during 70 years by adult without outdoor activity is 0.74 μSv under exposure to air dust concentration 10^{-4} g/m^3, which is typical for the city of Ekaterinburg. Critical scenario of exposure of an adult person to radioactive material in particulate matter in the air including such daily activities as training, bicycle driving and work in urban environment results in the total effective dose 17.8 μSv during 70 years at air dust concentration equal to the diurnal Maximum Permissible Limit (1.5 10^{-4} g/m^3). Also, the critical children group can be exposed to radionuclides by inhalation through daily outdoor games, sport activity, training, bicycle etc (8 hours daily during vacation, 4 hours daily during school time, 2000 hours per year from 7 years to 17 years). The total effective dose for critical children group is 2.9 μSv. Thus, the effective doses due to inhalation of natural radioactivity in the dust in city of Ekaterinburg are relatively low in comparison ICRP reference level.

1. Hanfi, M.Y., Yarmoshenko, I.V., Seleznev, A.A. et al. J Radioanal Nucl Chem (2019) 321: 831. https://doi.org/10.1007/s10967-019-06657-9

СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОСТИ АЛЬФА-РАДИОНУКЛИДОВ

Изгагин В.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: slava.izgagin-arti@yandex.ru

THE SPECTROMETRY INSTALLATION FOR ALPHA-RADIONUCLIDES ACTIVITY MEASUREMENTS

Izgagin V.S.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The importance of alpha radionuclide control is described. The installation for conducting alpha spectrometry using the modernized ionization chamber is presented. The operation principle of the ionization facility is described and its structural blocks are given.

В целях радиационной безопасности на предприятиях атомной промышленности и в исследовательских учреждениях необходим контроль профессионального облучения. Наличие в воздухе производственных помещений источников альфа излучения представляет опасность для сотрудников и персонала за счет их высокой плотности ионизации после ингаляционного поступления в организм. Контроль альфа-радионуклидов осуществляется спектрометрическим или радиометрическим методом. Последний предполагает наличие счётчика частиц (пропорциональный счетчик, счетчик Гейгера-Мюллера). Используется также спектрометрический способ с использованием газовой ионизационной камеры в качестве детектора [1].

Принцип работы камеры основан на ионизации рабочей газовой смеси альфа-частицами, дрейфе электронов и ионов под действием электростатического поля и измерении заряда, наведенного на собирающем электроде. Количество образованных ион – электронных пар пропорционально энергии, потерянной α–частицей в чувствительной области камеры.

Для используемой ионизационной камеры проведена модернизация внешних функциональных блоков. Камера оснащена вакуумной и газовой системой для вакуумирования рабочего объема и заполнения его рабочей газовой смесью. Модернизирована электронная подсистема сбора, передачи и преобразования сигнала с детектора (высоковольтный источник, спектрометрический предусилитель, усилитель-формирователь, АЦП) [2].

Ионизационная камера позволяет получить энергетическое распределение для данного тонкослойного образца с последующим определением его активности. Установка позволяет регистрировать альфа-радионуклиды уранового, трансуранового и ториевого ряда [3].

1. Мониторинг содержания Rn-222 в воздухе низкофоновых лабораторий с помощью импульсной ионизационной камеры. Гаврилюк Ю.М., Гангапшев А.М., Кузьминов В.В., Панасенко С.И., Раткевич С.С. Известия РАН, серия физическая, Т. 75. №4, 583-587 (2011).

2. Ионизационная камера ИК-1: Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Уральский Электрохимический комбинат, Новоуральск (1994).

3. Martschini M. New and upgraded ionization chambers for AMS at the Australian National University. Nuclear Inst. and Methods in Physics Research B (2018).

ПОЛУЧЕНИЕ БИОКИНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ РАДИОНУКЛИДНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Кобяков А.Д.[1], Починский Д.А.[1], Панкин В.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: strunina554@gmail.com

OBTAINING A BIOKINETIC MODEL OF THE INTERNAL ORGANS OF A PERSON BASED ON AN ANALYSIS OF THE RESULTS OF A RADIONUCLIDE STUDY

Kobiakov A.D.[1], Pochinsky D.A.[1], Pankin V.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This article discusses the possibility of obtaining a biokinetic model of the internal organs of a person based on the results of the distributions of the activity of drugs based on 99m-Tc obtained on OET.

Радиологическое исследование человека – методика исследования человека в медицинских целях с использованием бета и гамма радиоактивных источников. Данное исследование имеет ряд нерешенных проблем: завышенные дозовые нагрузки, приходящиеся на пациента; получение лишь малой части информации из возможной. На сегодняшний день отсутствует физико-математическая модель, позволяющая по данным радиологического исследования получить биокинетическую модель работы органов человека. Цель данной работы сводится к решению проблем радиологического исследования путем создания физико-математической модели для обработки получаемых данных. Для этого будут объединены медицинские представления о работе организма, известные модели внутренней дозиметрии человека, а также полученные на ОЭТ данные обследования пациентов, с использованием препаратов, основанных на химических соединениях 99m-Tc. Предполагается, в качестве основы для решения поставленных задач использовать модель из ICRP №128 «Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals:

a Compendium of Current Information Related to Frequently Used Substances» [1], несмотря на то, что она приблизительно описывает только часть внутренней дозиметрии для большинства используемых на сегодняшний день препаратов. В целях оптимизации дозовых нагрузок предполагается использование данных, полученных на многодатчиковой системе, и сравнение их с данными ОЭТ.

1. ICRP №128 «Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals: a Compendium of Current Information Related to Frequently Used Substances»

АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СПЕКТРОВ НЕЙТРОНОВ УСКОРИТЕЛЯ TR-24

Кондратюк К.Д.[1], Рябухин О.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: ksuna.com95@gmail.com

EVALUATION OF NEUTRON DISTRIBUTION OF TR-24 CYCLOTRON

Kondratyuk K.D.[1], Riabukhin O.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Neutron flux distribution of the proton TR-24 cyclotron of experimental physics department, formed in interaction of charge particles with constructions of facility is investigated in the present work.

В 2020 году в Уральском федеральном университете начнет функционировать уникальный Циклотронный центр ядерной медицины. Центр позволит получать более десятка необходимых в медицине короткоживущих изотопов. Для обеспечения безопасного функционирования циклотрона TR-24 необходимо установить пространственное и энергетическое распределение нейтронных потоков, формирующихся во время работы ускорителя. Целью данной работы является предварительный анализ и расчет потоков нейтронов, а также измерение нейтронного спектра с использованием уникального спектрометра на основе пропорционального счетчика, наполненного гелием.

На данном этапе на основе технической документации установлены основные узлы и элементы конструкции циклотрона, с которыми может взаимодействовать пучок протонов в рабочем режиме циклотрона. Для номинального диапазона энергий протонов 18-24 МэВ определены ядерные реакции с вылетом нейтронов, протекающие на ядрах химических элементов, входящих в состав ускорителя, ионопровода и мишенных узлов установки, найдены сечения согласно [1] и рассчитаны выходы. Для номинального тока ускорителя (300 мкА) оценен совокупный поток нейтронов, образующихся на элементах конструкции

циклотрона и облучаемой мишени. Ведется анализ углового распределения и составление теоретической карты нейтронных потоков ускорителя.

1. Experimental Nuclear Reaction Data (EXFOR) [электронный ресурс] //International Atomic Energy Agency. – URL: https://www-nds.iaea.org/exfor/ (22.01.2020)

УПАРИВАНИЕ АЗОТНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ С ДЕНИТРАЦИЕЙ ФОРМАЛИНОМ В ВЫПАРНОМ АППАРАТЕ С ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ

Костромин К.В.[1], Новоселов И.К.[1], Бир А.А.[1], Зильберман Б.Я.[2], Мишина Н.Е.[2], Николаев А.Ю.[2], Блажева И.В.[2], Рябков Д.В.[2], Хомяков А.П.[3]

[1)] АО «СвердНИИхиммаш», Екатеринбург, Россия
[2)] АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина», Санкт-Петербург, Россия
[3)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: inkost@inbox.ru

EVAPORATION OF NITRIC ACID SOLUTIONS WITH FORMALINE DENITRATION IN A NATURAL-CIRCULATION EVAPORATOR

Kostromin K.V.[1], Novoselov I.K. [1], Bir A.A.[1], Zilberman B.Y.[2], Mishina N.E. [2], Nikolaev A.Y.[2], Blazheva I.V.[2], Ryabkov D.V.[2], Khomyakov A.P.[3]

[1)] JSC SverdNIIchimmash, Yekaterinburg, Russia
[2)] JSC Khlopin Radium Institute, Saint-Petersburg, Russia
[3)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Abstract. This paper presents the results of research method for the concentration of high-level radioactive wastes (HLW) with simultaneous reagent denitration by formaldehyde solution. The research was carried out using simulation solution on a pilot full-scale evaporator stand

Экстракционная переработка облученного ядерного топлива АЭС предполагает образование хвостовых растворов разного уровня активности, в том числе высокорадиоактивных отходов (ВАО).

Основным лимитирующим фактором при упаривании высокоактивного рафината после фракционирования отработанного высоковыгоревшего ядерного топлива РУ БРЕСТ – ОД – 300 является образование осадков на основе нитрата бария, тяжёлые осадки которого, оседая в циркуляционной трубе выпарного аппарата, могут привести к её забиванию и срыву циркуляции. Осадкообразование нитрата бария зависит от концентрации суммарного нитратного фона в растворе.

Для увеличения кратности упаривания высокоактивного рафината с концентрацией азотной кислоты 2,6 моль/л был предложен метод концентрирования

ВАО с поддержанием концентрации азотной кислоты на уровне 3-4 моль/л с помощью упаривания в выпарном аппарате с выносной греющей камерой и естественной циркуляцией раствора с одновременной реагентной денитрацией раствором формальдегида.

Предложенный метод концентрирования исследован на опытном полномасштабном выпарном стенде, состоящим из выпарного аппарата с естественной циркуляцией раствора, конденсатором, абсорбером нитрозных газов и системой управления на основе датчиков температуры, расхода и давления, показатели которых выводились на пульт оператора.

Исследования проводились для определения расходного коэффициента CH_2O/HNO_3, позволяющего разрушать азотную кислоту, поступающую с исходным раствором до поддержания концентрации азотной кислоты в кубовом растворе при упаривании на уровне 3-4 моль/л. Концентрация азотной кислоты в исходном растворе составляла 2,6 моль/л, расход варьировался от 12 до 20 л/ч, реагент подавался с концентрацией 6,75 моль/л и расходом от 1,7 до 5 л/ч, расходный коэффициент CH_2O/HNO_3 изменялся от 0,25 до 0,66 моль/моль.

Исследования на полномасштабном выпарном оборудовании подтвердили принципиальную возможность предложенного метода. При расходном коэффициенте CH_2O/HNO_3 - 0,64 разложение азотной кислоты при упаривании в стационарном режиме составило ~40 %. Концентрация азотной кислоты при этом в кубовом растворе составляла 3,2 моль/л.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ПРИ РАБОТЕ С ИСТОЧНИКАМИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Литовченко В.Ю.[1, 2], Васютин Н.А.[1, 2], Ташлыков О.Л.[1],
Козлов А.В.[2], Селезнев Е.Н.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] АО «Инстит рекаторных материалов», г. Заречный, Россия
E-mail: xoce0396@gmail.com

MODELING COMBINED RADIATION PROTECTION AT WORK WITH IRRADIATION SOURCE

Litovchenko V.Yu.[1, 2], Vasutin N.A.[1, 2], Tashlykov O.L.[1],
Kozlov A.V.[2], Seleznev E.N.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] JSC “Institute of Nuclear Materials”, Zarechny, Russia

The importance of optimizing the composition of radiation protection are substantiated in the article, the results of a calculated experimental justification of the effectiveness of combined protection.

На предприятиях атомной отрасли персонал находится в условиях облучения от источников ионизирующего излучения при выполнении радиационно-опасных работ, таких как обслуживание и ремонт оборудования, упаковка изотопной продукции, радиоактивных отходов и их транспортировка. Для уменьшения дозы облучения наиболее распространено экранирование с использованием различных защитных материалов [1, 2].

Так, например, для защиты от высокоэнергетического бета-излучения применяются либо толстые слои тяжелого материала (например, свинца), чтобы подавить возникающее вторичное тормозное излучение, либо легкие вещества (такие как полиэтилен, парафин, алюминий) для уменьшения его генерации в сочетании с тяжелыми [3]. Для ослабления гамма-излучения применяются исключительно тяжёлые металлы (свинец, чугун, вольфрам, обеднённый уран).

Однако использование чистых материалов может оказаться неэффективным, защита будет занимать большое пространство, либо иметь большой вес или высокую стоимость. В представленной работе рассматриваются варианты решения данной проблемы с использованием комбинированной защиты, с помощью которой можно добиться той же эффективности при уменьшении размеров и стоимости.

Определенное взаимное расположение слоев различных материалов на пути распространения излучения также позволяет повысить эффективность защиты.

Для верификации данных, полученных расчетным путем, в АО «Институт реакторных материалов» проводится серия экспериментов по определению поглощающих свойств комбинированных материалов по отношению к ионизирующему излучению различных энергий.

Проводимые расчетно-экспериментальные исследования комбинированных радиационно-защитных материалов направлены на реализацию одного из основных принципов радиационной защиты - принципа оптимизации.

1. Русских И.М., Ташлыков О.Л. Получение радиоактивных изотопов в исследовательском ядерном реакторе для экспериментальных исследований свойств гомогенных радиационно-защитных материалов // Труды первой научно-технической конференции молодых ученых УралЭНИН. Екатеринбург: УрФУ, 2016. С.254-257.

2. Селезнев Е.Н., Козлов А.В., Ташлыков О.Л. Использование альтернативных радиационно-защитных материалов при транспортировании радиоактивных материалов (на примере источника лютеций-177) // Труды первой научно-технической конференции молодых ученых УралЭНИН. Екатеринбург, 2016. С.274

3. Litovchenko V. Yu., Vasutin N. A., Tashlykov O. L., Kozlov A. V., Seleznev E. N. Modeling radiation protection of containers for transporting isotopes with high-energy beta irradiation. December 2019. AIP Conference Proceedings 2174(1): 020134. DOI: 10.1063/1.5134285. Conference: PHYSICS, TECHNOLOGIES AND INNOVATION (PTI-2019): Proceedings of the VI International Young Researchers' Conference.

APPLICATION OF THE MONTE CARTO CODE TO SIMULATE THE RADIATION SHIELDING CAPACITY OF LITHIUM TUNGSTATE COMPOSITES

Mahmoud K.A.[1], Tashlykov O.L.[1]

[1)] Ural Federal university, Yekaterinburg, Russia
E-mail: karemabdelazeem@yahoo.com

Monte Carlo simulation code (MCNP-5) was applied to evaluate the shielding parameters of lithium tungstate composites. The linear attenuation coefficient (μ), half value layer (HVL). Furthermore, fast neutron removal cross section was calculated for the studied composites.

Nowadays, due to the development of nuclear medicine in the hospitals such as radiation therapy and radiation imaging techniques, suitable radiation shielding materials to protect against the ionizing radiation. are required. Great attention is given to concretes, glasses, polymers and natural rocks to be used as shielding materials against the harmful radiation [1, 2, 3, 4]

The present work aims to evaluate the ionizing radiation shielding capacity of Lithium tungstate composites using simulation code MCNP-5. The track length of gamma ray with various energies varied between 0.06 and 1.4 MeV was estimated. After that, the estimated track length was used to calculate other important shielding parameters

such as mass attenuation coefficient (μ), half value layer (HVL). Moreover, fast neutron removal cross section was calculated for the studied composites.

To achieve the main target of the work, MCNP input file required accurate information about the geometry, source (SDEF card), and composition (material card) to execute a MCNP simulation. The geometry of the simulation was designed according to an arbitrary 3D setup, as illustrated in Fig 1. The radioactive source was placed inside a lead collimator with a slit diameter of 2 cm. The source was placed at a distance of 10 cm from the detector. The simulation was occurred by assuming that the SSS glass samples are in form of a disk with a diameter of 2 cm placed between the source and the detector at a distance of 5 cm from the source. The detector was set up to be an F4 tally in order estimate the track length of the incident gamma ray.The relative error estimated from the MCNP simulation is less than 1% [5].

1. Mahmoud, K.A., Sayyed, M.I., Tashlykov, O.L., 2019a. Comparative studies between the shielding parameters of concretes with different additive aggregates using MCNP-5 simulation code. Radiat. Phys. Chem. 165, 108426.

2. Mahmoud, K.A., Tashlykov, O.L., El Wakil, A.F., El Aassy, I.E., 2020. Aggregates grain size and press rate dependence of the shielding parameters for some concretes. Prog. Nucl. Energy 118, 103092. https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2019.103092

3. Mahmoud, K.A., Tashlykov, O.L., Wakil, A.F.E., Zakaly, H.M.H., Aassy, I.E.E., 2019b. Investigation of radiation shielding properties for some building materials reinforced by basalt powder. AIP Conference Proceedings 2174, 020036; https://doi.org/10.1063/1.5134187.

4. K.A. Mahmoud, Y.S. Rammah, 2020. Investigation of gamma-ray shielding capability of glasses doped with Y, Gd, Nd, Pr and Dy rare earth using MCNP-5 code, Phys. B Phys. Condens. Matter. 577. 411756. doi:10.1016/j.physb.2019.411756.

5. A.M. Abu El-Soad, M.I. Sayyed, K.A. Mahmoud, E. Şakar, E.G. Kovaleva, 2020. Modified halloysite minerals for radiation shielding purposes, J. Radiat. Res. Appl. Sci. . doi:10.1080/16878507.2019.1699680.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕЙТРОННОГО СПЕКТРА ДЛЯ ДОЗИМЕТРА-СПЕКТРОМЕТРА НЕЙТРОНОВ ДСН-4

Меньшаков К.Е.[1], Пышкина М.Д.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт промышленной экологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: Men.kim@yandex.ru

IMPROVING OF THE NEUTRON SPECTRA UNFOLDING METHOD FOR NEUTRON DOSIMETER-SPECTROMETER DSN-4

Menshakov K.E.[1], Pyshkina M.D.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Industrial Ecology UB RAS, Yekaterinburg, Russia

The improvement of existing multisphere neutron spectrometer is presented in this work. The new response functions have been obtained. The difference between dose estimation obtained with older and newer versions of instrument is up to 90 %.

Индивидуальная дозиметрия нейтронного облучения является одной из самых сложных проблем. За биологической защитой объектов ядерной физики нейтронное излучение имеет непрерывный спектр, охватывающий до 11 порядков по энергии нейтронов - от 0,025 эВ до нескольких ГэВ. Необходимо, чтобы функция энергетического отклика персонального дозиметра была как можно ближе к соответствующей функции преобразования эквивалентной дозы в флюенс (Hp (10)), чтобы обеспечить адекватную величину оценки эффективной дозы. Из-за отсутствия персональных дозиметров с соответствующей функцией энергетического отклика показания текущих персональных дозиметров кардинально отличаются от фактических значений эффективной дозы нейтронов [1, 2]. Тем не менее, есть несколько подходов для решения этой проблемы. Простейшим способом достижения адекватного значения оценки эффективной дозы является использование поправочного коэффициента к показанию персонального дозиметра, который рассчитывается с использованием известной функции отклика дозиметра и энергетического спектра операционного поля. Для получения информации о рабочем спектре нейтронов необходимо использовать мультисферный спектрометр Боннера [3]. Усовершенствование одного из таких спектрометров представлены в данной работе.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90096.

1. Пышкина М.Д., Никитенко В.О., Жуковский М.В., Екидин А.А. Неопределенность результатов измерений индивидуальных дозиметров нейтронного излучения на рабочих местах / АНРИ. 2018. Т. 95. № 4. С. 15-23.

2. Никитенко В.О., Пышкина М.Д., Екидин А.А. Индивидуальная дозиметрия нейтронов / Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность - 2018. 2018. С. 889-893

3. Mariia D. Pyshkina, Alexey V. Vasilyev, Alexey A. Ekidin, and Michael V. Zhukovsky Development and testing of a neutron radiation spectrometer in fields of radionuclide sources, AIP Conference Proceedings 2163, 070003 (2019); https://doi.org/10.1063/1.5130115

ИЗУЧЕНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УРАНА В ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРАХ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Михалёв С.В.[1], Семенищев В.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: swoboda2012@rambler.ru

THE STUDY URANIUM ISOTOPIC RATIO IN URANIUM LEACH LIQUORS

Mikhalev S.V.[1], Semenishchev V.S.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This work focuses on the study of uranium electrodeposition in the method of alpha spectrometric analysis of uranium isotopic ratio. It was determined that the volume of electrolyte weakly affects the degree of uranium deposition. Optimal time of uranium electrodeposition onto a stainless steel disk

Природный уран содержит три изотопа – ^{234}U, ^{235}U и ^{238}U, соотношение между которыми может варьироваться в зависимости от месторождения и способа добычи урана. Согласно требованиям стандарта ASTM C 967-13, определение изотопного состава является обязательным для добываемой урановой продукции. В случае добычи урана методом подземного выщелачивания данный процесс является нестационарным, поэтому соотношение между ^{234}U и ^{238}U может меняться в процессе эксплуатации скважины. В данной работе было изучено влияние времени эксплуатации скважин на изотопный состав урана, проанализированы 160 проб с различных производственных площадок, одного из урановых месторождений, разрабатываемых с применением метода подземного выщелачивания.

Определение изотопного состава урана осуществляли методом альфа-спектрометрии. Предварительная радиохимическая подготовка проб включала сорбционную очистку от мешающих радионуклидов с использованием анионита АМП, приготовление электролитическим способом счетного образца (препарат

на подложке из коррозионно-стойкой нержавеющей стали диаметром 25 мм) и измерение полученных проб на альфа-спектрометре Мультирад-АС (НТЦ «Амплитуда», Москва). По полученным результатам был построен график зависимости отношения $^{234}U/^{238}U$ от времени эксплуатации скважины (см. Рис. 1).

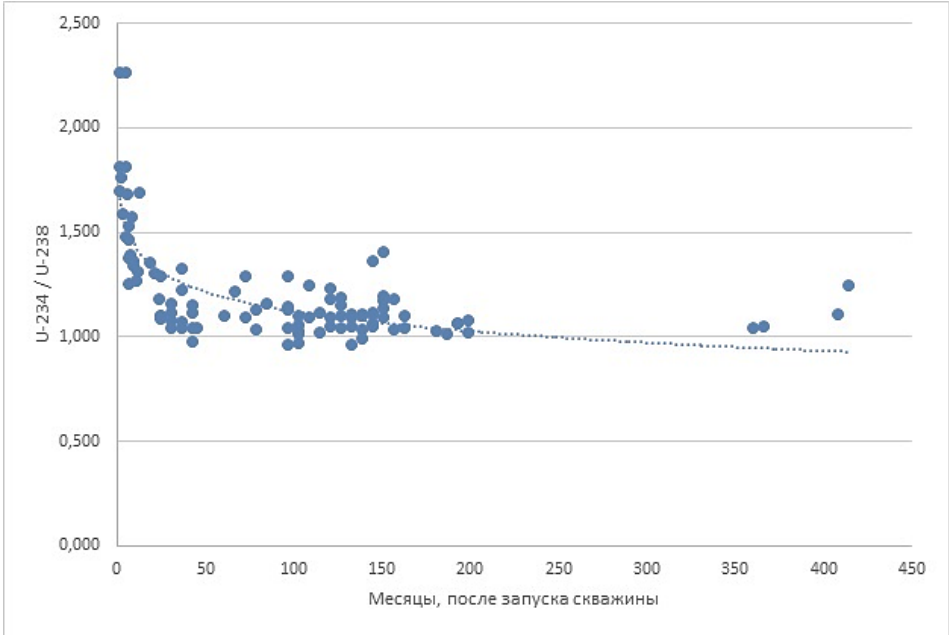


Рис. 1. Зависимость соотношения $^{234}U/^{238}U$ от времени эксплуатации скважины подземного выщелачивания урана.

Результаты показали, что в подавляющем большинстве пробы продуктивных растворов соотношение активностей $^{234}U/^{238}U$ превышает единицу. Этот факт можно объяснить неравноценностью положения атомов ^{234}U и ^{238}U в кристаллической решетке уранового минерала. При альфа-распаде ^{238}U энергия, приобретаемая дочерним ^{234}Th, составляет примерно 72 кэВ, что существенно больше энергии химической связи (порядка десятков эВ), поэтому ^{234}Th без труда разрывает все химические связи и покидает своё место в кристаллической решетке, образуя дефекты внедрения. В дальнейшем ^{234}Th превращается в ^{234}U, но последний локализуется уже в дефектных местах решетки и поэтому легче выщелачивается водными растворами, чем ^{238}U. В результате выщелачивающий раствор, протекающий через залежи урановой руды, оказывается обогащенным изотопом ^{234}U по сравнению с ^{238}U и ^{235}U.

Согласно полученным данным, наибольшее соотношение активностей $^{234}U/^{238}U$ (1,4…2,3) соответствует скважинам, недавно введённым в эксплуатацию, и наоборот, соотношение $^{234}U/^{238}U$ близкое к единице характерно для скважин, сроки эксплуатации которых превышают два года. Можно также сделать предположение, что соотношение активностей $^{234}U/^{238}U$ можно использовать как индикатор близости месторождения к выработке.

Таким образом было доказано, что на соотношение изотопов урана $^{234}U/^{238}U$ оказывает значительное влияние время эксплуатации скважины.

SEDIMENT NATURAL RADIOACTIVITYAND HEAVY METALS ASSESSMENT FROM THE BEACHS OF RAS-GHARIB, RED SEA, EGYPT

Mostafa M.Y.A.[1, 3], Zakaly H.M.H. [1, 2], Uosif M.A.M. [2],
Madkour H.[4], Issa S.[2, 5], Tammam M.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Faculty of Science, Al-Azhar University, Assuit branch, Egypt
[3)] Physics Department – Faculty of Science, Minia University, Minia, Egypt
[4)] National Institute of Oceanography and Fisheries, Hurghada, Egypt.
[5)] Faculty of Science, Tabok University, Tabok, Saud Arabia
E-mail: mostafa_85@mail.ru

Natural ^{238}U, ^{232}Th and ^{40}K activity in sediment samples from beaches along Ras-Gharib coast has been estimated. Ras-Gharib is a famous coastal city located on Red sea, Egypt. Eighteen sediment samples from 3 beaches were collected and measured with NaI (Tl) gamma spectrometry.

Natural ^{238}U, ^{232}Th and ^{40}K activity in sediment samples from beaches along Ras-Gharib coast has been estimated. Ras-Gharib is a famous coastal city located on Red sea, Egypt. Eighteen sediment samples from 3 beaches were collected and measured with NaI (Tl) gamma spectrometry. The average specific activities are 28±1.9, 24±2.8, and 382±21.4 Bq kg^{-1} for ^{238}U, ^{232}Th and ^{40}K respectively. These values are less than the worldwide average of 33, 45 and 412 Bq kg^{-1} recommended by UNSCEAR reports [1]. Absorbed dose rate the annual effective dose are calculated 34 $nGyh^{-1}$ and 42 μSvy^{-1} respectively. Eight heavy metals (Fe, Mn, Ni, Co, Zn, Cu, Pb and Cd) have been measured and analyzed by atomic absorption spectrometer (AAS). In some samples, the concentration for the investigated heavy metals exceeds the permissible limits recommended by the Canadian Environmental Quality Guidelines. This indicated that the degree of metals pollution is caused by anthropogenic activities (Terrigenous sediments transported to the marine environment by some wadis in the General Beach area, oil spills as a result of exploration and extraction in General Company of Petroleum) and/or by natural impacts. In general, beaches along the Ras-Gharib coast is safe from natural radioactivity.

1. El-Taher A, Zakaly HMH, Elsaman R. 2018. Applied Radiation and Isotopes. 131:13–22.

ENVIRONMENTAL MONITORING OF SURFACE DEPOSITS USING SPECTRAL GAMMA RAY DATA OF WEST FARAFRA AREA, WESTERN DESERT, EGYPT

Al Alfy I.[1], Mounir R.[1], Hanfi M.[1, 2]

[1)] Egyptian Nuclear Materials Authority, Cairo, Egypt
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
E-mail: m.nuc2012@gmail.com

Annual effective dose (mSv y-1) were calculated from spectral gamma-ray data. The effective dose values in the study area under the recommended limit.

West Farafra region is particularly important for establishing new integrated urban communities. It is characterized by its flat area covered with slopes of limestone and Sandstone limestone and sandstone rocks. Moreover, the new discoveries of groundwater in huge quantities suitable for agriculture and human activities in this region. Airborne gamma-ray spectrometer is using for geological mapping and detecting the radioactive anomalies [1]. The public expose to the radiation emitted from terrestrial radionuclides. The results of this study are presented.

Annual effective dose (mSv y^{-1}) were calculated from spectral gamma-ray data. The effective dose values in the study area ranging from 0.08 to 1.325 (mSv y^{-1}) with an average value of 0.616 (mSv y^{-1}). The low standard variation 0.226 (mSv y^{-1}) indicates that the values are distributed homogeneously and about 90% of the values are less than the recommended limit 1 (mSv y^{-1}) that it is recommended by UNSCEAR, 2000, so the studied area is a suitable to urban activities.

1. Hanfi, M.Y., Yarmoshenko, I.V., Seleznev, A.A. et al. J Radioanal Nucl Chem (2019) 321: 831. https://doi.org/10.1007/s10967-019-06657-9

ПОСТУПЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНОГО ЙОДА В АТМОСФЕРУ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС

Назарович А.В.[1], Пышкина М.Д.[2], Десятов Д.Д.[1], Екидин А.А.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт промышленной экологии, Екатеринбург, Россия
E-mail: kolalls26@mail.ru

RELEASE OF RADIOACTIVE IODINE IN THE ATMOSPHERE DURING NORMAL OPERATION OF A NPP

Nazarovich A.V.[1], Pyshkina M.D.[2], Desyatov D.D.[1], Ekidin A.A.[2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Industrial Ecology, Yekaterinburg, Russia

The analysis of data on emissions and discharges for the period from 2005 to 2018 of iodine isotopes for 68 US nuclear power plants with reactor of the PWR and BWR type.

Атомная энергетика является важнейшей подотраслью глобальной энергетики и составляет около 11% производимого в мире электричества. В 30 странах эксплуатируется более четырехсот ядерных реакторов на АЭС с общей мощностью около 380 гигаватт электрической энергии [1]. С развитием ядерной энергетики возрастает интерес к проблеме охраны окружающей среды от радиоактивного загрязнения. Это в свою очередь ведет к необходимости исследования закономерностей поведения радиоактивных изотопов в атмосфере, которые являются родоначальником миграции многих радионуклидов [2].

В результате выгорания топлива АЭС образуются сотни продуктов деления, среди которых выделяют изотопы йода: ^{131}I, ^{132}I, ^{133}I, ^{135}I, ^{130}I, ^{134}I, ^{123}I, ^{129}I, некоторые из которых в свою очередь определяют дозовую нагрузку на население и входят в перечень радионуклидов, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды при выбросах и сбросах в атмосферу [3].

В данной работе анализируются показатели производства электроэнергии, удельные показатели выбросов и сбросов радиоактивного йода АЭС США за период с 2005 по 2018 г., что позволяет выявить типы реакторов с наилучшей практикой применения методов и технологий, которые минимизируют поступление радиоактивного йода в окружающую среду при нормальной эксплуатации.

1. International Atomic Energy Agency. Indicators for Nuclear Power Development Nuclear Energy Series No. NG-T-4.5 Technical Reports. Vienna: IAEA, 2015.

2. Екидин А.А., Васильев А.В., Васянович М.Е. // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2017. № 2 (18). С. 67–74.

3. Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды: Распоряжение Правительства РФ N 1316-р от 08.07.2015. М., 2015 (с изменениями на 10 мая 2019 года).

МОЛИБДЕН В ВЫСОКОЩЕЛОЧНЫХ БОРОСИЛИКАТНЫХ СИСТЕМАХ

Неволина Л.А.[1, 2], Еремяшев В.Е.[1, 2], Кориневская Г.Г.[2]

[1)] Южно-Уральский государственный университет, Челябинск
[2)] Институт минералогии ФГБУН ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, Миасс
E-mail: eremiashevve@susu.ru

MOLYBDENUM IN HIGH ALKALINE BOROSILICATE SYSTEMS

Nevolina L.A.[1, 2], Eremyashev V.E.[1, 2], Korinevskaya G.G.[2]
[1)] South Ural State University, Chelyabinsk
[2)] Institute of Mineralogy of the SU FRC of MG UB of the RAS, Miass

The influence of molybdenum oxide on the crystallization processes and the glass structure has been studied for the Li_2O–(Na_2O–K_2O)–B_2O_3–SiO_2 system. It has been established that molybdenum is slightly soluble in the glass structure and affect on the phase composition of samples.

Оксиды молибдена являются распространенным компонентом высокоактивных радиоактивных реакторных отходов, и их содержание в РАО, в зависимости от генезиса отходов, может достигать 15 мас.%. Применение технологии остекловывания для отходов с высоким содержанием молибдена с использованием матриц на основе алюмоборосиликатных стекол обладает рядом особенностей, так как растворимость молибдена в боросиликатных и алюмоборосиликатных стеклах является низкой и носит ярко выраженную композиционную и структурную зависимость [1-3]. Высокое содержание MoO_3 в составе боросиликатных материалов всегда сопровождается кристаллизацией молибденсодержащих фаз с различной гидротермальной устойчивостью.

В соответствии с выявленным значительным интересом кристаллизационным процессам в молибденсодержащих боросиликатных системах нами были выполнены синтез и исследование структуры, фазового состава и термических свойств высокощелочных молибденсодержащих натриево-литиевых и калиево-литиевых боросиликатных стеклокерамических материалов.

Проведенные исследования показали, что при высоком содержании молибдена боросиликатные материалы, полученные закалкой расплава, демонстрируют в значительной степени стеклообразное состояние. Отличительной особенностью поведения молибдена в этих боросиликатных системах является его незначительно участие в формировании сетки стекла. Практически весь молибден,

растворенный в исходном расплаве, в стекле формируют кристаллические фазы, соответствующие молибдатам различного состава: $LiMoO_4$, $KLiMoO_4$, K_2MoO_4 и Na_2MoO_4. Формирование молибденсодержащих кристаллических фаз обеспечивает увеличение растворимости Mo в получаемых матричных материалах с заметным влиянием на их стабильность.

Исследования проведены при частичном использовании средств по ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы» (Номер проекта: 05.608.21.0276).

1. McCloy J.S., Riley B.J., Crum J., Marcial J., Reiser J.T., Kruska K., Peterson J.A., Neuville D.R., Patil D.S., Saleh M., Barnsley K.E., Hanna J.V. Crystallization Study of Rare Earth and Molybdenum Containing Nuclear Waste Glass Ceramics // J. Am. Ceram. Soc., 102(2019) 5149-5163.

2. Pinet O., Hollebecque J.-F., Hugon I., Debono V., Campayo L., Vallat C., Lemaitre V. Glass ceramic for the vitrification of high level waste with a high molybdenum content, Journal of Nuclear Materials 519 (2019) 121-127.

3. Prakash A.D., Singh M., Mishra R.K., Valsala T.P., Tyagi A.K., Sarkar A., Kaushik C.P. Studies on modified borosilicate glass for enhancement of solubility of Molybdenum. J. Non-Cryst. Solids. 2019; 510:72-178.

ОЦЕНКА ДОЗОВОЙ НАГРУЗКИ ОТ АЭРОЗОЛЬНЫХ И ГАЗООБРАЗНЫХ ФОРМ ЙОДА-131 В ВЫБРОСАХ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Никитенко Е.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: e.i.nikitenko89@gmail.com

ESTIMATION OF DOSE FROM AEROSOL AND GASEOUS FORMS OF IODINE-131 IN EMISSIONS OF INDUSTRIAL REACTOR

Nikitenko E.I.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

For ^{131}I, the most probable ratio of volumetric activity of hardly adsorbed, easily adsorbed compounds and iodine aerosols was obtained - 96.31 %; 2.71 % and 0.82 %, respectively. Dose assessment was carried out taking into account annual emissions of the reactor installation and weather conditions.

Оценка физико-химических форм радиойода в газовоздушной среде промышленного ядерного реактора необходима для решения связанных задач – технологического контроля и радиационной безопасности [1]. Технологическими являются вопросы оценки эффективности очистки выбросов радиоактивных изотопов йода, выбор приборов и методов контроля выбросов [2]. Задачи радиационной безопасности включают адекватную оценку радиационного воздействия на окружающую среду и человека, обоснование нормативов выбросов в атмосферу и подтверждение соблюдения нормативов радиационного воздействия.

Механизмы преобразования изотопов йода в формы и соединения на этапах перемещения от активной зоны реактора до атмосферы остаются недостаточно изученными [3]. Метод исследования основан на различии осаждения радиойода на трех типах фильтров, что позволяет определить раздельно аэрозольную, легко- и трудносорбиуемую формы 131-I [4-5].

Показано, что не прошедшая очистку газоаэрозольная смесь, в основном содержит радиоактивный йод в форме газообразных трудносорбируемых соединений. Для 131-I получено наиболее вероятное соотношение объемной активности трудносорбируемых, легкосорбируемых соединений и аэрозолей йода – 96,31 %; 2,71 % и 0,82 % соответственно.

На основании полученных данных, проведена оценка дозовых нагрузок с учетом годовых выбросов реакторной установки и погодных условий. Для расчета было использовано программное обеспечение PDV ARM.

1. Екидин А.А., Жуковский М.В. и др., Атомная энергия. 2016. Т. 120. № 2. С. 106-108.

2. Пышкина М.Д., Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2017. № 2 (18). С. 98-107.
3. INPRO Methodology for Sustainability Assessment of Nuclear Energy Systems: Environmental Impact of Stressors, NG-T-3.15, IAEA, Vienna, 2016.
4. Екидин А.А., Васильев А.В. и др., Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2017. № 2 (18). С. 67-74.
5. Екидин А.А., Васянович М.Е. и др., Ядерная физика и инжиниринг. 2017. Т. 8. № 6. С. 563-569

МОДЕЛЬ БИОКИНЕТИКИ РАДИОФАРМПРЕПАРАТОВ. ОПТИМИЗАЦИЯ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК

Починский Д.А.[1], Кобяков А.Д.[1], Панкин В.В.[1], Щелканов А.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: pochinscie97dima@mail.ru

MODEL OF THE KINETICS OF RADIOPHARMACEUTICALS. OPTIMIZATION OF DOSE LOADS

Pochinsky D.A.[1], Kobyakov A.D.[1], Pankin V.V.[1], Shchelkanov A.A.[1]
[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

This article discusses the model of biokinetics of radiopharmaceuticals used for radionuclide diagnostics of the kidneys. In addition, the method of optimizing the dose loads on the patient is considered.

Для исследования функций почек, в организм вводятся нефротропные препараты на основе Tc-99m, а именно Технемек и Технемаг [1]. Далее проводится исследование с помощью однофотонного эмиссионного томографа и мультиспиральной компьютерной томографией. В качестве результата мы получаем кривые активности с размерностью в имп/с. Модель биокинетики позволяет провести анализ этих кривых, а именно оценить количество морфологических единиц и их метаболизм.

Чтобы создать данную модель, было использовано медицинское представление о работе внутренних органов человека, позволяющее верно интерпретировать полученные результаты [2]. Благодаря публикации ICRP №128 «Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals: a Compendium of Current Information Related to Frequently Used Substances» [3], в которой не рассматривается медицинский подход, но имеются методы описания кривых активности, появляется возможность посчитать в секреторной фазе количество морфологических единиц. В совокупности все вышеперечисленные методы позволяют прийти к

качественному анализу функций почек, который позволит оценить дальнейшую сохранность данного органа и назначить адекватное лечение для пациента.

Чтобы оптимизировать дозовые нагрузки, приходящиеся на организм при радионуклидной диагностике, проводится модернизация многокамерной модели мочевыделительной системы, чтобы в будущем спроектировать человеческий фантом для измерения распределенной активности с помощью многодатчиковой системы. Она, в сравнении с однофотонным эмиссионным томографом, является наиболее компактным решением, а также позволяет выводить информацию в численном виде, что увеличивает объем получаемой информации.

1. Лопаткин Н.А.: Руководство по урологии,- М.: 1998. 304 с.
2. Миронов С.П., Касаткин Ю.Н.: Детская радиология,- М.: 1993. 206 с.
3. ICRP, 2015. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals: a Compendium of Current Information Related to Frequently Used Substances. ICRP Publication 128. Ann. ICRP 44(2S)

ДОЗИМЕТРИЯ РЕАКТОРНОГО ЗАЛА ИРМ: СЛАБОПРОНИКАЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Полозов К.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: kirillpolozo@mail.ru

DOSIMETRY OF THE REACTOR HALL OF THE INM: LOW PENETRATING RADIATION

Polozov K.V.[1]

[1)] Ural Federal University,Yekaterinburg, Russia

Testing RAM ION in the field of gamma radiation was performed. No difference between measured values of H’(0.07,Ω), H’(3,Ω) and H*(10) both for ^{137}Cs and ^{241}Am sources was obtained. Ambient and directional dose equivalent were measured at about 30 workplaces.

Недавно опубликованные Рекомендации МКРЗ № 118 и Общие нормы безопасности МАГАТЭ № GSR Part 3 устанавливают новый предел эквивалентной дозы для облучения хрусталика глаза. Теперь все члены МАГАТЭ должны привести свои национальные нормативные документы в соответствие с текущими требованиями и снизить предел эквивалентной дозы для хрусталика глаза со 150 до 20 мЗв для работников. Такое уменьшение в 7,5 раз приведет к ситуации, когда уровень введения индивидуального дозиметрического контроля облучения хрусталика глаза будет составлять почти 2-3 мЗв. Изначально, все рабочие места должны быть отсортированы по уровню облучения хрусталика глаза и

необходимости его мониторинга. Доза облучения в хрусталике глаза может создаваться как слабо проникающим излучением (β-излучение), так и сильно проникающим излучением («мягкое» γ-излучение). Вклад фотонного излучения в дозу облучения можно оценить с помощью H*(10). Необходимо определить рабочие места, где β-излучение вносит основной вклад в дозу облучения глаз.

В данной работе были проведены испытания дозиметра RAM ION в рабочих полях. RAM ION - переносная ионизационная камера, работающая от аккумуляторов, с автоматическим определением диапазона, предназначенного для точного измерения мощности дозы и интегрированной дозы гамма-, рентгеновского и бета-излучения. Дозиметр позволяет измерять величины H′(0,07, Ω), H′(3, Ω) и H*(10) в зависимости от используемой насадки. Измерения H*(10) и H′(3, Ω) и H′(0,07, Ω) проводились на рабочих местах АО «Институт реакторных материалов». Также дозиметр испытывался в полях бета-излучения источника ^{90}Sr-^{90}Y и гамма-излучения источников ^{137}Cs и ^{241}Am.

1. Пышкина М.Д., Жуковский М.В., Екидин А.А. и др. Измерение амбиентного и направленного эквивалентов доз на рабочих местах персонала АО "ИРМ" и Белоярской АЭС. АНРИ. 2019. № 2 (97). С. 43-50

МЕТОДЫ ПОЛЕВОЙ РАДИОМЕТРИИ И СПЕКТРОМЕТРИИ

Пыхов О.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: pyhovoleg31@gmail.com

IN SITU RADIOMETRY AND SPECTROMETRY METHODS

Pyhov O.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This report will highlight the plan for in situ measuring of specific activities in soil. Results of in situ preliminary measurements will be compared with laboratory ones. The method for determination of depth of point source location in soil will be proposed.

Объектами разработки являются предварительный план исследования распределения активности радионуклидов по поверхности и глубине грунта на участках добычи урана в АО «Далур». Также разрабатывается метод определения характеристик неоднородного распределения радионуклидов по профилю грунта.

Целью работы является оценка воздействия метода подземного выщелачивания урана на окружающую среду.

Исследования распределения активности радионуклидов по поверхности грунта предлагается провести методами полевой (in situ) и лабораторной гамма-спектрометрии. Количественная характеристика плана работ:

1) плотность наблюдений при гамма-съемке по треугольной сети с шагом 70-80 м;

2) объём планируемых исследований – 50-100 точек измерений на 60000-150000 м^2;

3) временные затраты – 2-3 дня.

Приведены результаты предварительных in situ и лабораторных измерений удельной активности в образцах почвы, отобранных с территории АО «Далур». Результаты измерений in situ показали, что удельная активность ^{40}K в почве в разных точках при разных геометриях измерения – от 277 до 827 Бк/кг, ^{226}Ra – от 6,1 до 36,0 Бк/кг, ^{232}Th – от 14,1 до 42,3 Бк/кг. Согласно результатам исследования образцов в лаборатории, удельная активность ^{40}K – от 553 до 604 Бк/кг, ^{226}Ra – от 41,4 до 56,9 Бк/кг, ^{232}Th – от 28,9 до 47,0 Бк/кг. Из сравнения и анализа результатов полевых и лабораторных измерений, сделан вывод о необходимости исследования несогласованности результатов для ^{226}Ra и ^{232}Th.

Результатом разработки метода определения характеристик неоднородного распределения активности по профилю грунта является схема расчета. Она пригодна для определения глубины, на которой в грунте находится точечный источник.

Следующими этапами работы станут полноценный детальный план радиоэкологического мониторинга участков добычи урана на лето 2020 г. и обобщение предложенной схемы расчета на другие виды распределения активности по профилю почвы.

AIRBORNE GAMMA-RAY SPECTROMETRIC INTERPRETATION FOR DETECTING THE RADIOACTIVE ANOMALIES OF GABAL GHARAMUL AND ITS SURROUNDING, NORTHERN EASTERN DESERT

Tarshan A. [1, 3], Hanfi M.[2, 3]

[1)] Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekateriburg, Russia
[3)] Nuclear Materials Authority, Cairo, Egypt
E-mail: m.nuc2012@gmail.com

Airborne gamma-ray spectrometry is increasingly being used by the exploration industry for geological mapping and for locating mineral deposits.

Airborne gamma-ray spectrometry is increasingly being used by the exploration industry for geological mapping and for locating mineral deposits. It's also used for extends to environmental geophysics, where the regional mapping of natural radiation levels assists in the estimation of health risks and provides a baseline against which man-made radioactive contamination can be measured.

Conversion of the digital multi-channel gamma-ray spectrometric and magnetic survey data to a common image format offered the possibility to combine these data in different ways and to produce some colour composite geophysical images of uranium, thorium and potassium (U, Th, K).The threshold method was applied. The procedure of the threshold method is removing the minimum concentration of potassium, uranium and thorium (2.1%, 3 ppm, 7.6 ppm) respectively, to produce six ratio maps namely K/U, K/Th, and Th/K, Th/U, U/K and U/Th. The studying of the uranium composite image map provides identical five uranium leads.

1. Hanfi, M.Y., Yarmoshenko, I.V., Seleznev, A.A. et al. J Radioanal Nucl Chem (2019) 321: 831. https://doi.org/10.1007/s10967-019-06657-9

ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРА НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЯДЕРНОЙ УСТАНОВКЕ

Романова М.А.[1], Пышкина М.Д.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: marinakiss66@yandex.ru

MEASUREMENTS OF THE NEUTRON RADIATION SPECTRUM AT A NUCLEAR RESEARCH FACILITY

Romanova M.A.[1], Pyshkina M.D.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The ALARA principle is to minimize the impact of the ionizing radiation to both population and workers. In this case, the improving the system of personal dosimetry management is one of the possible ways to decrease the influence of ionizing radiation, particular neutron radiation.

Измерения нейтронного излучения со случайной формой спектров представляют значительный интерес для мониторинга основных технологических процессов на всех этапах жизненного цикла ядерных установок, разработки экспериментальных исследований в области ядерной физики и индивидуальной дозиметрии. Наиболее сложной проблемой в области индивидуальной дозиметрии является проведение персонального дозиметрического контроля облучения нейтронным излучением на объектах использования атомной энергии. За биологической защитой объектов использования атомной энергии нейтроны имеют широкий энергетический диапазон - от 0,025 эВ до нескольких ГэВ. Энергетическая зависимость чувствительности индивидуальных дозиметров имеет существенное отличие от индивидуального эквивалента дозы, Hp(10). Показания отдельных дозиметров могут радикально отличаться от фактических значений эффективной дозы нейтронов [1, 2]. Правильная оценка дозы нейтронов может быть рассчитана для уже известного спектра путем его свертки с амбиентным эквивалентом дозы H*(10). Поэтому сбор информации о распределении энергии нейтронов на рабочих местах на объектах использования атомной энергии является актуальной проблемой.

Основной целью данной работы является получение нейтронных спектров на рабочих местах персонала. Первичные данные для восстановления нейтронного спектра были получены с помощью мультисферного спектрометра [3]. Спектры были реконструированы с помощью улучшенного алгоритма FRUIT 6. На основании полученных спектров на рабочих местах были рассчитаны поправочные коэффициенты для различных типов индивидуальных нейтронных дозиметров, используемых на территории АО «Институт реакторных материалов».

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90096.

1. Пышкина М.Д., Никитенко В.О., Жуковский М.В., Екидин А.А. Неопределенность результатов измерений индивидуальных дозиметров нейтронного излучения на рабочих местах / АНРИ. 2018. Т. 95. № 4. С. 15-23.

2. Никитенко В.О., Пышкина М.Д., Екидин А.А. Индивидуальная дозиметрия нейтронов / Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность - 2018. 2018. С. 889-893

3. Mariia D. Pyshkina, Alexey V. Vasilyev, Alexey A. Ekidin, and Michael V. Zhukovsky Development and testing of a neutron radiation spectrometer in fields of radionuclide sources, AIP Conference Proceedings 2163, 070003 (2019); https://doi.org/10.1063/1.5130115

СОВРЕМЕННОЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ В РАЗНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Рудаков М.Е.[1], Селезнев А.А.[1, 2], Денисов Е.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

[2)] Институт геологии и геохимии УрО РАН им. акад. А.Н. Заварицкого, Екатеринбург, Россия

E-mail: maksim.rudakov.1995@mail.ru

MODERN DEPOSITION IN DIFFERENT CLIMATIC ZONES IN URBANIZED TERRITORIES

Rudakov M.E.[1], Seleznev A.A.[1, 2], Denisov Y.I.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

[2)] Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia

This article discusses the main points and stages of the study of modern siege accumulation in different climatic zones in urbanized territories. Characteristic features of granulometric, chemical, gamma spectrometry and landscape method are analyzed. The relevance of this topic has been identified

Исследование современного осадконакопления в разных городах и климатических зонах на урбанизированных территорий: (Нижний Новгород, Мурманск, Ростов на Дону). Основная идея исследования заключается в том что, современные антропогенные поверхностные отложения могут приводить к серьезному нарушению и загрязнению окружающей среды, а также сказываться на здоровье человека вследствие миграции микро и макро компонентов под воздействием природных явлений (снег, дождь, ветер, и т.п.) В качестве исследуемого материала выбран наиболее подходящий вид современных антропогенных

поверхностных отложений: дорожная пыль, отложения ливневки, грунтовые почвенные образования городах.

Программа исследований включает отбор проб компонентов окружающей среды в разных городах с несколькими придомовыми территориями, находящие в разных частях города и различающиеся годами постройки. Отбор проб проходил в разные сезоны года: осенью отбираются почва и грунты, дорожная пыль (смет), современный поверхностный урбоседимент (отложения в лужах на территории жилых кварталов, грязевой осадок из локальных понижений микрорельефа). Зимой отбирается снегогрязевая пульпа в разных участках жилого квартала. Отобранные пробы проходят комплекс анализов: гранулометрического, химического, гамма спектрометрического, ландшафтного.

В ходе исследований получаем следующие фракции: 2-10, 10-50, 50-100, 100-250, 250-1000 мкм, предполагается найти радионуклиды природного или антропогенного происхождения. Природные радионуклиды - радиоактивные элементы рядов урана (^{238}U) и тория (^{232}Th), а также калий-40 (^{40}K), тритий (^{3}H), углерод-14 (^{14}C) и др., существующие в природе независимо от деятельности человека. Предполагается выявить максимальное и минимальное содержание полютантов в разных гранулометрических фракциях, построить схему переноса загрязнений, найти различные формы нахождения полютантов, вычислить время и динамику загрязнения а также изучить наиболее опасные элементы приводящие к ухудшению здоровья человека. Найти закономерности и тенденции формирования современных экологических и геохимических условий, трансформации поверхностных объектов на территории города.

Работа проводится при финансовой поддержке РФФИ (грант №19-35-60011).

ОЦЕНКА ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ, СКОРОСТИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ, ДОЛИ НЕПРИСОЕДИНЁННОЙ ФРАКЦИИ ДПР ИНЕРТНЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ГАЗОВ Kr-88 И Xe-138

Семянников В.С.[1], Назаров Е.И.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт промышленной экологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: sspbuiyf@yandex.ru

ESTIMATION OF ACTIVITY CONCENTRATION, ATTACHMENT RATE, UNATTACHED FRACTION OF Kr-88 AND Xe-138 DECAY PRODUCTS

Semyannikov V.S.[1], Nazarov E.I.[1, 2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Industrial Ecology UB RAS, Yekaterinburg, Russia

The results of estimation of activity concentration, attachment rate, unattached fraction of Kr-88 and Xe-138 decay products using filter devises: Marinelli type vessel, diffusion battery, analytical filters and diffusion aerosol spectrometer are presented.

Контроль за воздействием на здоровье человека источников ионизирующего излучения в производственных зданиях составляет одно из важнейших направлений обеспечения радиационной безопасности населения в РФ. Это направление закреплено в Указе Президента РФ от 13 октября 2018 г. № 585 «Об утверждении основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности российской федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу».

Исследовательский реактор ИВВ-2М является водо-водяным реактором бассейнового типа. Бассейн реактора расположен в бетонном массиве, в баке из нержавеющей стали. Бассейн в горизонтальном сечении представляет собой эллипс. Данные реактор имеет не герметизированную активную зону, впоследствии чего образовавшееся большое количество осколков и продуктов деления попадают в реакторный зал, среди которых особое место занимают инертные радиоактивные газы (ИРГ). ИРГ являются основными радионуклидами с точки зрения вклада в годовую активность выброса реакторной установки.

Для определения объемной активности ИРГ применялся метод отбора пробы в сосуд Маринелли, для последующего измерения активности радионуклидов спектрометрическим методов. Для определения скорости присоединения и доли неприсоединенной фракции дочерних продуктов распада ИРГ применялся аспирационный метод отбора проб воздуха [1] на диффузионный аэрозольный спектрометр ДАС 2702-М. В результате анализа получены значения объемной

активности ИРГ, а также скорости присоединения и доля неприсоединенной фракции дочерних продуктов распада ИРГ и сделаны выводы о полученных результатах.

1. М.А.Рогозина, М.В.Жуковский и др. Приборы и техника эксперимента. 2013. № 6. С. 74-76.
2. Postendorfer J. Properties and Behavior of Radon and Thoron and Their Decay Products in the Air. J. Aerosol Science, 1994, No 2, P. 216-263.

РАЗДЕЛЕНИЕ УРАНА И ЦРИРКОНИЯ В СИСТЕМЕ «ХЛОРИДНЫЙ РАСПЛАВ – ЭВТЕКТИЧЕСКИЙ СПЛАВ Ga–Zn»

Солдатова М.Н.[1], Мальцев Д.С.[1, 2], Волкович В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Университет штата Теннесси, г. Ноксвил, США
E-mail: nikolay.soldatov.87@mail.ru

SEPARATION OF URANIUM AND ZIRCONIUM IN “CHLORIDE MELT – Ga–Zn EUTECTIC ALLOY”

Soldatova M.N.[1], Maltsev D.S.[1, 2], Volkovich V.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] The University of Tennessee, Knoxville, USA

Electrochemical reduction of zirconium and uranium was investigated in the melts based on ^{3}LiCl–^{2}KCl eutectic mixture at 550–750 ^{o}C. Polarization of solid tungsten and liquid Ga and Ga–Zn cathodes was studied. Separation factors of zirconium and uranium in “molten salt – liquid Ga-Zn alloy” systems

Цирконий является одним из компонентов отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), в котором он может присасывать как конструкционный материал и как продукт деления. Данные об электрохимических свойствах компонентов ОЯТ как в солевых расплавах, так и в металлических фазах необходимы для разработки и оптимизации процессов разделения в пирохимической технологии переработки. Поэтому исследование электродных процессов с участием циркония в высокотемпературных системах имеет большой интерес с практической точки зрения. Целью настоящей работы являлось изучение процесса разделение урана и циркония в системе «солевой хлоридный расплав – металлический сплав» с использованием легкоплавкого эвтектического сплава Ga–Zn.

В данной работе были исследованы процессы восстановления циркония, урана и смеси урана и циркония на твердом катоде из вольфрама и на жидких катодах на основе цинка и сплава галлия с цинком в расплавах на основе

эвтектической смеси хлоридов лития и калия при 550–750 °С. Была рассмотрена поляризация различных катодов в расплавах, содержащих ионы циркония и урана, пример полученных зависимостей представлен на рисунке. В результате анализа поляризационных кривых были определены потенциалы выделения циркония и урана, значения предельных плотностей тока. В отдельной серии экспериментов были определены коэффициенты разделения урана и циркония в эвтектической системе LiCl–KCl на эвтектическом сплаве Ga–Zn.

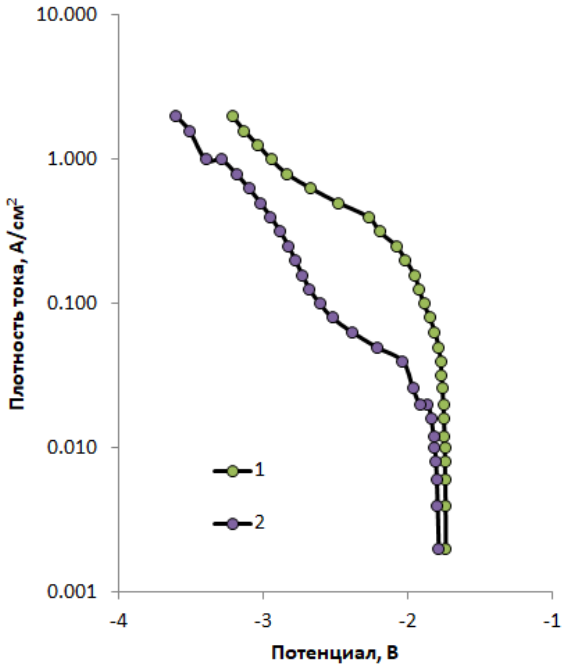


Рис. 1. Поляризация катода из эвтектического сплава Ga–Zn в расплаве LiCl–KCl–$ZrCl_4$ (1) и LiCl–KCl–UCl_4 (2), 550 °С. Потенциалы относительно $Cl_2/^2Cl–$.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРЕРАБОТАННОГО ТОПЛИВА В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Тарасов А.Д.[1], Смирных Н.В.[1], Ошканов Н.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: taaleksandr@mail.ru

RECYCLED FUEL FOR NUCLEAR POWER SYSTEM

Tarasov A.D.[1], Smirnyh N.V.[1], Oshkanov N.N.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia, Yekaterinburg, Russia

Natural uranium resources will be enough for only 80 years. The use of reprocessed fuel in thermal reactors increases this period, but it can be loaded no more than 30% and process fuel once. A formula is derived for the ratio of power of fast to thermal reactors.

Целью настоящего исследования является установление вклада переработанного ядерного топлива в совместный ресурс со свежим топливом и при необходимости разработка путей его повышения.

Анализ данных по ресурсу природного урана привел к выводу об его исчерпании в течение 80 лет. Использование переработанного топлива в тепловых реакторах ограничено по условиям ядерной безопасности величиной 30% и однократной переработкой.

Отсутствие переработки отработавшего топлива может привести к неконкурентоспособности атомной энергетики из-за обременительных расходов на содержание отработавшего топлива.

Применение быстрых реакторов, которые нечувствительны к составу топлива, а также допускают многократную переработку отработавшего топлива, открывает перспективу самообеспечения топливом атомной энергетики без применения урана-235.

Добавка плутония из бланкетов быстрых реакторов в их отработавшее топливо может асимптотически снизить содержание плутония-240 в переработанном топливе вплоть до уровня возможности полной загрузки этого топлива в тепловые реакторы. Это обеспечивается разработанной схемой движения топлива, которая предусматривает работу быстрых реакторов только на делящихся элементах отработавшего топлива тепловых реакторов, а отработавшее топливо быстрых реакторов и весь плутоний из их бланкетов используется для изготовления топлива тепловых реакторов.5.Выведена формула соотношения мощностей быстрых и тепловых реакторов, определяющая количество быстрых реакторов для самообеспечения топливом атомной энергетики. Численным экспериментом показано, что для современной атомной энергетики мира мощностью 396 ГВт.эл для самообеспечения топливом необходима мощность энергоблоков с быстрыми реакторами 271 ГВт.эл. Для России, имеющей мощность энергоблоков

с тепловыми реакторами 27 ГВт.эл требуется мощность энергоблоков с быстрыми реакторами 18,5 ГВт.эл, т.е. 15 энергоблоков БН-1200 (5 энергоблоков БН-1200 в варианте «30%-загрузка тепловых реакторов»).

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЛЛИЯ В РАСПЛАВЕ ЭВТЕКТИЧЕСКОЙ СМЕСИ ХЛОРИДОВ ЛИТИЯ И КАЛИЯ

Токарев О.В.[1], Мальцев Д.С.[1], Волкович В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: olegtokarev1999@gmail.com

ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF GALLIUM IN MOLTEN EUTECTIC MIXTURE OF LITHIUM AND POTASSIUM CHLORIDES

Tokarev O.V.[1], Maltsev D.S.[1], Volkovich V.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Electrochemical behavior of gallium was studied in LiCl–KCl eutectic based melts at 450–650 ºC using potentiometry and cyclic voltammetry. Anodic and cathodic polarization studies were also performed.

Сплавы на основе галлия являются перспективными рабочими средами для фракционирования компонентов отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) в системе «солевой расплав – жидкий металл (сплав)» в процессах пирохимической переработки ОЯТ [1]. Разделение компонентов может быть проведено за счёт обменных окислительно-восстановительных реакций или при наложении внешнего потенциала (электролизом). Для разработки оптимальных технологических процессов необходима достоверная информация об электрохимических свойствах всех элементов, участвующих в процессе, в том числе и компонентов металлических сплавов, включая галлий.

В настоящее время наибольшее предпочтение при выборе солевого электролита отдают относительно легкоплавкой эвтектической смеси хлоридов лития и калия, 3LiCl–2KCl. Поэтому целью настоящей работы являлось изучение электрохимического поведения галлия в расплавах на основе эвтектической смеси 3LiCl–2KCl. Для определения электродных потенциалов галлия использовали метод потенциометрии при нулевом токе. Рабочим электродом являлся металлический галлий, электролит LiCl–KCl–$GaCl_3$ предварительно готовили хлорированием галлия хлористым водородом в расплаве соли-растворителя. Для изучения электрохимических процессов, протекающих в расплавленных электролитах с участием галлия, использовали метод циклической вольтамперометрии на рабочих электродах из вольфрама и стеклоуглерода. Методами вольтамперометрии

была изучена анодная и катодная поляризация в галлийсодержащих солевых расплавленных электролитах. Эксперименты выполняли при температурах 450–650 °C.

1. V. A. Volkovich, D. S. Maltsev, E. V. Raguzina, A. S. Dedyukhin, A. V. Shchetinskiy, , L. F. Yamshchikov, A. V. Chukin, “Thermodynamics of rare earth elements and uranium in gallium based quaternary metallic alloys”, J. Alloys Comp., 2019, vol. 787, 367–378.

МОНИТОРИНГ РАДОНА-222 В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Томашова Л.А.[1], Воронина А.В.[1], Семенищев В.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: tomashoval@yandex.ru

MONITORING OF RADON-222 IN GROUNDWATER OF THE SVERDLOVSK REGION

Tomashova L.A.[1], Voronina A.V.[1], Semenishchev V.S.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The determination of radon in natural waters is necessary to reduce the exposure of the population of the Sverdlovsk region. ^{222}Rn was monitored in wells used as non-centralized sources of drinking water supply. Radon activity in waters reaches up to 400 Bq/l, which exceeds established standards.

Урал характеризуется мозаичным превышением природного радиационного фона, обусловленного наличием на его территории эколого-радиогеохимических зон, каждая из которых имеет свое геологическое строение, свои породные комплексы, обогащенные естественными радионуклидами. В пределах каждой из этих зон находятся площади с повышенной радиоактивностью почв и горных пород, участки с повышенным выделением радона [1]. Несмотря на достаточную изученность содержания радона в почвенном воздухе, а также частично в воздухе помещений, данные по его содержанию в водах Свердловской области практически отсутствуют. При этом в водах, особенно подземных, могут присутствовать повышенные концентрации природных радионуклидов, выщелачиваемых из горных пород и минералов. Основная дозовая нагрузка на население обусловлена растворенным в воде газом радоном-222 – одним из членов радиоактивного семейства урана-238. Использование воды с повышенным содержанием радона в питьевых целях ведет к внутреннему облучению организма в результате радиоактивного распада как самого радона-222, так и его дочерних продуктов.

В качестве источников питьевого водоснабжения многие городские жители используют воду из ключей, родников и скважин. Для сельских жителей такие источники могут являться единственными источниками питьевой воды. Поэтому мониторинг радона является необходимым мероприятием по обеспечению радиационной безопасности населения.

Проведён радиоэкологический мониторинг подземных вод 40 нецентрализованных источников питьевого водоснабжения населения Свердловской области. Определение радона-222 проводили по дочернему радионуклиду висмут-214 в выдержанных до установления радиоактивного равновесия пробах методом гамма-спектрометрии в геометрии «сосуд Маринелли». Установлено, что в водах родников и скважин в окрестностях Екатеринбурга активность радона достигает 400 Бк/л (частная скважина в с. Патруши, ул. Строителей), что превышает значения, установленные нормами радиационной безопасности (60 Бк/л) [2], более чем в 6 раз. В связи с чем требуется проведение систематических исследований концентрации радона в подземных водах и радиоэкологическое просвещение населения, использующего для питья воду, не соответствующую нормам радиационной безопасности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Свердловской области в рамках научного проекта № 20-43-660055.

1. Уткин В.И., Чеботина М.Я., Евстигнеев А.В. и др. Радиоактивные беды Урала. Екатеринбург, УрО РАН (2000)

2. СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)». М.: Энергоатомиздат (2010)

КОРРЕЛЯЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ЗАВИСИМОЙ ЭКСИТОННОЙ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ СО СТРУКТУРНЫМ ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ В ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОМ ГИБРИДНОМ ПЕРОВСКИТЕ $CH_3NH_3PbI_3$

Сарычев М.Н.[1], Веселова Д.С.[1], Семенова О.И.[2], Жевстовских И.В.[1, 3]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, Новосибирск, Россия
[3)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: veselovadarya96@gmail.com

CORRELATION OF TEMPERATURE-DEPENDENT EXCITON PHOTOLUMINESCENCE WITH STRUCTURAL PHASE TRANSITION IN ORGANOMETAL HYBRID PEROVSKITE $CH_3NH_3PBI_3$

Sarychev M.N.[1], Veselova D.S[1], Semenova O.I[2], Zhevstovskikh I.V[1, 3]
[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] A.V. Rzhanov Institute of Semiconductor Physics, SB RAS, Novosibirsk, Russia
[3)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics, UB RAS, Ekaterinburg, Russia

We report the results of photoluminescence (PL) studies in organic-inorganic hybrid perovskite $CH_3NH_3PbI_3$. Near of the temperature of the transition from orthorhombic to tetragonal phase the sharp maximum of PL intensity was found.

В последнее время органоминеральные гибридные перовскиты $CH_3NH_3PbI_3$ широко исследуются благодаря их высокому потенциалу для использования в фотовольтаике и оптоэлектронных устройствах [1,2] из-за таких свойств как большой коэффициент поглощения света, низкая энергия связи экситона, большая диффузионная длина носителей. Фундаментальный вопрос, который возникает из этих исследований, касается природы элементарных фотовозбуждений, которые вовлечены в механизмы преобразования энергии; в частности, связанные экситоны или свободные носители генерируются в объеме перовскита. Для этого необходимо точно знать энергию экситонной связи. С этой целью в данной работе мы исследуем в монокристаллах $CH_3NH_3PbI_3$ спектры фотолюминесценции (ФЛ) в интервале температур 6-350 К при возбуждении лазером с длиной волны 532 nm.

В гибридных перовскитах имеется два структурных перехода: при T≈330 К переход из кубической в тетрагональную фазу, при T≈160 К переход из тетрагональной в орторомбическую фазу. В спектрах ФЛ при понижении температуры от 350 К до 6 К была обнаружена эволюция положения и интенсивностей пиков. В кубической и тетрагональной фазах интенсивность основного пика ФЛ с длиной волны λ=778 nm, связанного с шириной запрещенной зоны, возрастала при понижении температуры, а положение пика сдвигалось в меньшие энергии. При

дальнейшем понижении температуры от 160 К до 110 К пик сдвигался в большие энергии. При температуре фазового перехода T≈160 К мы наблюдали максимум интенсивности этого пика и минимум по энергии в положении пика. В орторомбической фазе из изменения интенсивности этого пика с температурой была определена энергия связи экситона с использованием выражения $I(T)=I_0/(1+\exp(-EB/kBT))$ [3], где I_0 - интенсивность при T=0 К, kB- постоянная Больцмана, EB – энергия связи экситона. Полученное значение EB=20 meV хорошо согласуется с данными других авторов [4,5]. Из анализа температурной зависимости полуширины пика ФЛ были оценены константа электрон-фононной связи, энергия оптических фононов и др. параметры, важные для будущего использования этих материалов в оптоэлектронных устройствах.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 20-42-660004 р_а) и ключевого центра превосходства УрФУ "Радиационные и ядерные технологии".

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант № 20-42-660004 р_а) и ключевого центра превосходства УрФУ "Радиационные и ядерные технологии";

1. Liu M., Johnston M.B. & Snaith H.J. Nature 501, 395 (2013)
2. Jian-Yao Zheng, Hugh G. Manning, Yanhui Zhang, et al., Sci. Rep. 9, 11738 (2019)
3. Z. Chen, C. Yu, K. Shum, J.J. Wang, et.al., J. Lumin. 132, 345-349 (2012)
4. C.L. Davies, M.R. Filip, J.B. Patel, et. al., Nat. Commun. 9, 293 (2018)
5. P. Nandi, C. Giri, B. Joseph, et al., J. Phys. Chem. A 120, 9732 (2016)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕЙТРОННОГО СПЕКТРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕКТРОМЕТРА БОННЕРА

Волошин А.М.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: artemiyc@list.ru

DETERMINATION OF NEUTRON SPECTRUM USING BONNER SPHERE SPECTROMETER

Voloshin A.M.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The determination of neutron spectrum using Bonner Sphere Spectrometer has done. The spectrum of ^{239}Pu(α, n)Be source has been unfolded. Also, the spectrum of this source has been simulated using MCNP code. Unfolding and simulated spectrum have been compared with reference spectrum.

В области обеспечения радиационной безопасности сформулированы 3 основных принципа: обоснование, оптимизация и нормирование (статья 3 ФЗ «О радиационной безопасности населения»). Для их выполнения необходимо точно знать, какую дозу получает персонал и население. Верхние пределы годовой эффективной дозы облучения определяются НРБ-99/2009.

Эффективная доза облучения – основная величина при нормировании ионизирующего излучения, которая используется как мера риска наступления последствий облучения человека для его органов и тканей. Она рассчитывается как сумма произведений эквивалентных доз для органа или ткани на соответствующий взвешивающий коэффициент.

На атомных объектах для соблюдения установленных квот используются следующее способы: уменьшение времени работы, увеличение расстояния до источника и применение биологической защиты.

Материал защиты выбирается в зависимости от типа и характеристик ионизационного излучения. Для нейтронов предпочтительной защитой являются материалы, содержащие атомы с низким порядковым номером, так как на них нейтроны теряют больше всего энергии, согласно законам сохранения энергии и импульса, поэтому в качестве материала замедлителя у спектрометра Боннера используется полиэтилен с химической формулой $(C_2H_4)n$. Однако, при взаимодействии нейтронов с веществом появляется вторичное γ-излучение, которое требует для наиболее эффективной защиты материал с большим порядковым номером.

Энергия нейтронов является основной характеристикой данного вида излучения, от которой зависит способ взаимодействия с веществом: упругое или неупругое рассеяние [1].

Целью данной работы являлось тестирование спектрометра Боннера по известному ^{239}Pu(α, n)Be источнику для вычисления неопределённостей показаний различных дозиметров.

Спектрометр Боннера представляет собой набор полиэтиленовых сфер различных радиусов, внутри каждой из которых располагается детектор тепловых нейтронов. В качестве замедлителя используется полиэтилен, при взаимодействии с которым энергия быстрых нейтронов в результате упругого рассеяния снижается до энергии тепловых нейтронов, равной 0,025 эВ, что позволяет их эффективно детектировать с помощью счётчика тепловых нейтронов [2-3].

В работе исследовался спектр от ^{239}Pu(α, n)Be источника без защиты. Проведены измерения скоростей счёта для различных сфер, для которых был восстановлен исходный спектр. Проведено моделирование условий эксперимента в программе MCNP. Восстановленный и смоделированный спектры были сопоставлены со справочным спектром.

Также в целях тестирования были восстановлены спектры других образцовых источников, энергетические распределения которых взяты из публикаций МКРЗ. Восстановленные спектры и справочные были сравнены между собой по мощности воздушной кермы.

1. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: Учебник. Т. 2. Физика ядерных реакций. 6-е изд., испр. и доп. Санкт-Петербург: Изд-во «Лань», 2008. – 336 с.

2. R. Bedogni, C. Domingo et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. V.A, №580, 1301-1309 (2007).

3. J. Williams, A. Chester et al., Radiation Protection Dosimetry, 1-13 (2015).

INTERNAL DOSIMETRY MODELLING FOR ^{89}Zr-LABELLED CHIMERIC MONOCLONAL ANTIBODY U36 BASED ON REAL CLINICAL RESULTS

Zakaly H.M.H.[1, 2], Mostafa M.Y.A.[1, 4], Zhukovsky M.[1, 3]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Faculty of Science, Al-Azhar University, Assuit, Egypt
[3)] Institute of Industrial Ecology UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[4)] Minia University, Faculty of Science, Department of Physics, El-Minia, Egypt
E-mail: h.m.zakaly@gmail.com

Monoclonal antibodies (MAbs) have been approved for use as diagnostics and therapeutics in a broad range of medical indications, but especially in oncology. Immuno-PET, the tracking and quantification of MAbs with PET in vivo, is an exciting novel option to improve diagnostic imaging.

The dynamic of ^{89}Zr-labelled labelled chimeric monoclonal antibody U36 after injection into the human body is modelled based on real clinical results. Results for 20 patients (11 men and 9 women) from published work is used to create a simple biokinetic model. Cumulative ^{89}Zr activity in organs and tissues per Bq of administered activity is calculated with the WinAct program. For the most organs receiving the highest radiation exposure, average absorbed doses were estimated with IDAC 2.1 software. The results from the modelled calculations are compared with the published experimental diagnostic results conducted in real patients and with given results by OLINDA software. Based on real clinical results, the recommended value of blood removing biological time is 65 h for Zr-89 labelled with cMab-U36.

1. Börjesson PK, Jauw YW, Bree RD, et al 2009 THE journal of nuclear medicine 50 1828-1836
2. Oldham RK, Dillham RO 2008 J Clin Oncol 26 1774–1777.
3. Börjesson PK, Jauw YW, Boellaard R, et al. 2006 Clin Cancer Res. 12 2133–2140
4. Mostafa MYA, Zakaly HMH, Zhukovsky M 2019 Radiol Phys Technol 12 96-104.
5. Verel I, Visser GW, Boerman OC, et al. 2003 Cancer Biother Radiopharm 18 655–661.

СЕКЦИЯ 2

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

ФОТО- И ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОСТЫХ И СЛОЖНЫХ ЦЕНТРОВ В КОРУНДЕ

Абашев Р.М.[1, 2], Маслова С.А.[2]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: abashevrm@mail.ru

PHOTO- AND THERMALLY STIMULATED TRANSFORMATIONS OF SIMPLE AND COMPLEX CENTERS IN CORUNDUM

Abashev R.M.[1, 2], Maslova S.A.[2]

[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

In anion-deficient corundum samples, new data were obtained in support of a relationship between the optical absorption band with $h\nu_{abs}$=4.1 eV and half-width with H=0.2 eV, and photoluminescence bands with $h\nu_{em1}$=3.8 eV, H_{em1}=0.2 eV and $h\nu_{em2}$=2.4 eV, H_{em2}=0.3 eV and transitions in the Al_i^+ center.

В анионодефицитных образцах корунда (α-$Al_2O_{3-\delta}$) получены новые данные, подтверждающие связь полос оптического поглощения (ОП) с $h\nu_{abs}$=4.1 eV и полушириной с H=0.2 eV и фотолюминесценции (ФЛ) с $h\nu_{em1}$=3.8 eV, H_{em1}=0.2 eV и $h\nu_{em2}$=2.4 eV, H_{em2}=0.3 eV с переходами в Al_i^+-центре. Согласно [1, 2] он представляет собой интерстициал алюминия в октаэдрическом междоузлии вблизи анион-катионной вакансионной пары со структурой $[Al_i^{(3-n)+}$- F_{Al}^{n+}-$V^{3-}]$, где n=0, 1, 2; F_{Al}^{n+} – ближайшая к интерстициалу алюминия анионная вакансия с зарядом n+, V^{3-} – катионная вакансия. Если провести термооптическую обработку (ТОО) кристаллов α-$Al_2O_{3-\delta}$, заключающуюся в одновременном нагреве при T=1120 K и УФ-облучении с плотностью подведенной энергии W=3 – 5 J/cm^2 [3], то согласно данным ОП и ФЛ происходит образование Al_i^+-центров с $h\nu_{abs}$=4.1 eV и снижение концентрации F-центров. При повышении W до 15 J/cm^2 концентрация Al_i^+-центров достигает максимального значения, одновременно начинают образовываться F_2-центры с $h\nu_{abs}$=3.5 eV и наблюдается незначительный рост их концентрации. Если образцы, подвергнутые ТОО W=3 – 5 J/cm^2, облучать УФ-светом с $h\nu_{ex}$ =4.1 eV, то уменьшение концентрации Al_i^+-центров сопровождается, повышением концентрации F_2-центров, незначительным снижением концентрации F^+-центров и несоразмерно высоким ростом концентрации F-центров. Полностью противоположная картина наблюдается при последующей фотостимуляции в F-полосу ОП с $h\nu_{ex}$=6.1 eV. Следовательно, приведенные данные не могут быть описаны уравнениями, приведенными в [4]:

$$F_2 + h\nu_{ex}(4.1\ eV) \rightarrow F_2^+ + e_{CB}^- \qquad (1)$$

$F^+ + e_{CB}^- \rightarrow F$ (2)

$F + h\nu_{ex}(6.1\ eV) \rightarrow F^+ + e_{CB}^-$ (3)

$F_2^+ + e_{CB}^- \rightarrow F_2$ (4)

Поэтому предлагается отличная от [4] модель фотопреобразования сложных центров, которая, например при n=0, может быть следующая:

$[Al_i^{3+} - F_{Al} - V^{3-}] + h\nu_{ex}(4.1\ eV) \rightarrow$

$[Al_i^{3+} - F_{Al}^+ - V^{3-}] + e_{CB}^- \rightarrow Al_{reg} + F_{Al}^+ + e_{CB}^- \rightarrow Al_{reg} + F_{Al}$ (5)

$F_{Al} + F \rightarrow F_2$ (6)

$F + h\nu_{ex}(6.1\ eV) \rightarrow F^+ + e_{CB}^-$ (7)

$e_{CB}^- + F_2 \rightarrow F_2^-$ (8)

$F^+ + F_2^- = 3[Al_i^{3+} - V^{3-} - F_{Al}]$ (9)

Указанные модели преобразования нашли также экспериментальное подтверждение при изучении термического преобразования центров в сильно облученных образцах α-$Al_2O_{3-\delta}$, результаты которого частично описаны в [5].

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Экспертиза», № АААА-А19-119062590007-2) при частичной поддержке РФФИ (проект № 20-48-660045).

1. Surdo A.I., Radiat. Meas., 42, 763 (2007).
2. Springis M.J., Valbis J.A., Phys. Status Solidi B, 123, 335-343 (1984).
3. Surdo A.I., Abashev R.M., Milman I.I., Ivanov V.Yu., Radiat. Meas., 123, 74-77 (2019).
4. Pogatshnik G.J., Chen Y., Evans B.D. et al., IEEE Trans. Nucl. Sci. 34(6), 1709-1712 (1987).
5. Surdo A.I., Abashev R.M., Milman I.I., Radiat. Meas., 106, 40-45 (2017).

RELATIONSHIP BETWEEN STRUCTURAL STATE AND LOCAL PIEZOELECTRIC PROPERTIES IN $xBiFeO_3$-$(1-x)BaTiO_3$ SOLID SOLUTIONS

Abramov A.S.[1], Alikin D.O.[1, 2], Turygin A.P.[1], Latushko S.[3], Zheludkevich A.[3], Pakalniškis A.[4], Skaudžius R.[4], Shur V.Ya.[1], Karpinsky D.[3, 5], Kholkin A.L.[1, 3]

[1)] School of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Department of Physics and CICECO – Aveiro Institute of Materials, University of Aveiro, Portugal
[3)] Scientific-Practical Materials Research Centre of NAS of Belarus, Minsk, Belarus
[4)] Institute of Chemistry, Vilnius University, Vilnius, Lithuania
[5)] Nanoceramics Spolka Akcyjna, Wroclaw, Poland
E-mail: alexander.abramov@urfu.ru

Relationship between structural state and local piezoelectric properties was studied in BFO-BTO solid solution by macroscopic X-ray diffraction and piezoresponse force microscopy. Gradual lattice transformation and changes of domain structure in the dependence to doping level was demonstrated.

Searching of lead-free materials with the electromechanical characteristics comparable to lead zirconate titanate is important to comply ecology demands in production and recycling. Bismuth ferrite (BiFeO3, BFO) is one of the perspective materials because of its' large spontaneous polarization [1]. The main problem of BFO material is poor phase stability and high leakage current leading to limited electro-mechanical performance [2]. To improve phase stability and realize morphotropic phase boundary (MPB) conditions, different methods can be used. As example, doping by rare earth elements leads to formation of rhombohedral and orthorhombic phase coexistence [3]. On the other hand, solid solution of BFO with other stable perovskites, as barium titanate, BaTiO3 (BTO), can be used to overcome structural phase instability of BFO.

In this work, we investigated relationship between structural state and local piezoelectric properties in BFO-BTO solid solution on the Bi-rich side. The samples were prepared by conventional solid-state sintering and by sol-gel process. XRD revealed gradual lattice transformation from the rhombohedral symmetry (Bi-rich side) to the, first, pseudocubic and then tetragonal symmetry. Neither of trend to develop into pseudocubic lattice symmetry in $x = 0.45$-0.8 large piezoelectric response was demonstrated which can be explained by nanoscale polar and non-polar phase coexistence. XRD shows only average symmetry of solid solutions, while piezoresponse force microscopy (PFM) provides high spatial resolution imaging of the polar and non-polar phases. Thus, PFM-based studies of phase and domain structure are crucial for comprehensive characterization of BFO-based solid solutions. We further discuss domain structure transformation with increasing of BTO content in solutions with different pathways and phase transformations under the action of the electric field and temperature.

The equipment of the Ural Center for Shared Use "Modern nanotechnology" Ural Federal University was used. The study was funded by RFBR (grant No. 19-52-04015) and BRFFR (grant No. F19RM-008). This work was developed within the scope of the project CICECO-Aveiro Institute of Materials, POCI-01-0145-FEDER-007679 (FCT Ref. UID/CTM/50011/2013), financed by national funds through the FCT/MEC and when appropriate co-financed by FEDER under the PT2020 Partnership Agreement. This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 778070.

1. S. Fujino, M. Murakami, et al., Appl. Phys. Lett. 92, 202904 (2008).
2. J. Walker, P. Bryant, et al., Acta Mater. 83, 149 (2015).
3. J. Walker, H. Simons, et al., Sci. Rep. 6, 1 (2016).

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СИСТЕМУ АНИЗОТРОПНЫХ НАНОЧАСТИЦ

Акишева А.В. [1]

[1)] Уральский федеральный университет
E-mail: annagudkova94@gmail.com

EXTERNAL MAGNETIC FIELD INFLUENCE ON THE SYSTEM OF ANISOTROPIC NANOPARTICLES

Akisheva A.V.[1]
[1)] Ural Federal University

Our work is a complex investigation of the system of magnetic ellipsoidal nanoparticles based on different theoretical approaches and computer experiments. We study the influence of magnetic field on the self-assembly in the systems of magnetic ellipsoids with various orientation of dipoles.

The intensive development of modern technologies provides an opportunity to study soft magnetic materials at a new level, which is facilitated by such factors as the development of synthesis of new composite polymer materials with controlled properties and the creation of new magnetic nanoparticles with form anisometry [1] and anisotropic internal structure [2]. The thermodynamic properties of such systems can be controlled by external factors (temperature, electric and magnetic fields) and by the parameters of their microstructural units (shape, structure, topology).

This work is devoted to the study of the influence of the external magnetic field on the system of ellipsoidal nanoparticles, based on the results of computer experiments and theoretical research. Magnetic moments of anisotropic nanoparticles are directed parallel/perpendicular to the main axis of rotation. The computer experiments are based on the method of molecular dynamics.

This complex approach allows us to reveal the influence of particle shape anisotropy and external magnetic field on the microstructure and macroscopic properties.

Thus, one can tune and design new smart materials with controllable microstructure and as a result various macroproperties via changing external and internal parameters. Microstructure and macroscopic properties of magnetic soft materials significantly change with modifying particle parameters, such as shape and orientation of the magnetic moment and system characteristics. These results can be the basis for the development of theoretical models and the design of new systems with a magnetic response.

1. S. Sacanna, L. Rossi, B. W. M. Kuipers, and A. P. Philipse. Fluorescent Monodisperse Silica Ellipsoids for Optical Rotational Diffusion Studies – Langmuir 22, 2006. – 1822-1827 p.
2. Pyanzina, E.S., Kantorovich, S.S. and De Michele. Nematic phase characterisation of the self-assembling sphere-cylinders based on the theoretically calculated RDFs – C. Eur. Phys. J. E 38, 2015. – 81 p.

НЕСТАБИЛЬНОСТЬ МАГНИТНЫХ МОМЕНТОВ АТОМОВ 3D-МЕТАЛЛОВ В $(Fe,Co)_7Se_8$

Акрамов Д.Ф.[1], Мозговых С.Н.[1], Селезнева Н.В.[1], Баранов Н.В.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, ИЕНиМ, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Dmaster96@mail.ru

INSTABILITY OF MAGNETIC MOMENTS OF 3D-METAL ATOMS IN $(Fe,Co)_7Se_8$

Akramov D.F.[1], Mozgovykh S.N.[1], Selezneva N.V.[1], Baranov N.V.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

In this work, $(Fe,Co)_7Se_8$ single crystals were synthesized and studied to reveal the effect of the Co for Fe substitution. It has been found a decrease in magnetocrystalline anisotropy energy and an increase in the temperature of the spin reorientation transition with increasing cobalt content.

В работе [1] было показано, что в системе $Fe_{7-x}Co_xSe_8$ замещение железа кобальтом приводит к уменьшению магнитного момента на 3d атом и при достижении концентрации кобальта $x \geq 4$ происходит исчезновение дальнего магнитного порядка. В соединении Fe_7Se_8 наблюдается также наличие спиновой

переориентации; происходит изменение направления магнитного момента от оси c к направлению перпендикулярному оси c при увеличении температуры выше T = 130 K [2]. В системе $Co_7(Se_{1-y}S_y)8$ все соединения вне зависимости от концентраций серы являются парамагнетиками Паули [3]. Отсутствие магнитного момента на атомах кобальта в халькогенидных соединениях со стехиометрией 7:8 объясняют либо делокализацией 3d электронов вследствие сильного перекрытия электронных орбиталей, либо нахождением атома кобальта в низкоспиновом состоянии из-за наличия относительно сильного кристаллического поля.

В настоящей работе выполнен синтез монокристаллов $(Fe,Co)_7Se_8$ и проведено их исследование с целью установления магнитного состояния атомов 3d металлов и влияния замещения на физические свойства. Монокристаллы $Fe_{7-x}Co_xSe_8$ с концентрацией кобальта $x \leq 3$ были получены с помощью модифицированного метода Бриджимена путем охлаждения расплава в вакуумированных кварцевых ампулах при наличии температурного градиента. Измерения магнитной восприимчивости и намагниченности образцов осуществлялись с помощью СКВИД-магнитометра (Quantum Design, USA) в диапазоне температур от 2 K до 350 K. Измерения теплоемкости проводились в температурном интервале 2 K – 300 K на PPMS DynaCool T9 (Quantum Design, USA).

Установлено, что все полученные монокристаллы $Fe_{7-x}Co_xSe_8$ кристаллизуются в гексагональной сингонии со слоистой структурой типа NiAs и увеличение концентрации кобальта сопровождается уменьшением только параметра c. Наряду с уменьшением межплоскостного расстояния, замещение железа кобальтом приводит к увеличению температуры спиновой переориентации, в соединении с концентрацией кобальта x = 3 эффект спиновой переориентации исчезает. Возрастание температуры спиновой переориентации, по-видимому, связано с увеличением кристаллического поля из-за сжатия элементарной ячейки. Аномалия на температурной зависимости удельной теплоемкости для Fe_7Se_8 в области спиновой переориентации говорит о резком изменении ориентации магнитных моментов путем фазового перехода 1-го рода, а отсутствие такой аномалии на зависимости Cp(T) для соединений с концентрацией кобальта $x \geq 0.5$ свидетельствует о постепенном изменении ориентации магнитных моментов. Использование расчетной модели для констант магнитокристаллической анизотропии из работы [4] позволило определить энергию анизотропии и выявить уменьшение энергии магнитной анизотропии при увеличении концентрации кобальта. Можно предположить, что снижение энергии анизотропии вызвано уменьшением орбитального момента на атомах железа вследствие частичной коллективизации 3d электронов атомов железа.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № FEUZ-2020-0054)

1. Baranov N.V., Ibrahim P.N.G., Selezneva N.V., Gubkin A.F., Volegov A.S., Shishkin D.A., Keller L., Sheptyakov D. and Sherstobitova E.A., Journal of Physics: Condensed Matter, V. 27, P. 286003, (2015)

2. Kamimura T., Journal of the physical Society of Japan, V. 43, P. 1594-1599, (1977)
3. Miller V.L., Lee W.L., Lawes G., Ong N.P., Cava R.J., Journal of Solid State Chemistry, V. 178, P. 1508-1512, (2005)
4. Kamimura T., Kamigaki K., Hirone T., Journal of the physical Society of Japan, V. 22, P. 1235-1240, (1967)

COERCIVITY ENHANCEMENT OF Nd-Fe-B MAGNETS BY THE GRAIN BOUNDARY DIFFUSION OF Nd(FeCo)Cu EUTECTIC ALLOYS

Alekseev I.V.[1, 2], Andreev S.V.[2], Volegov A.S.[1, 2],
Gerasimov E.G.[1, 2], Terentev P.B.[1, 2]

[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
E-mail: igor.alekseev@urfu.ru

In this work we are going to investigate an influence of the diffusion of Nd(Fe-Co)Cu eutectic alloys on magnetic properties of Nd-Fe-B based permanent magnets.

Nowadays Nd-Fe-B based permanent magnets have an important value. They are used in many applications where the high value of maximum energy product $(BH)_{max}$ is needed, e.g. motors for hybrid and electric vehicles. An operating temperature can reach 200 °C that requires a coercivity of the order of 30 kOe. This is possible by replacing Nd with Dy at the expense of $(BH)_{max}$. In addition, localized natural resources and the high cost of Dy have stimulated current efforts at the development of Dy-free high coercive Nd–Fe–B magnets. One of the best approach to enhance coercivity is the grain boundary diffusion of eutectic alloys. The coercivity enhancement from 16.6 to 19.5 kOe for HDDR powders [1], from 14.0 to 29.5 kOe for thin films [2], and from 5.3 to 23.8 kOe for melt-spun ribbons [3] using this procedure was reported.

In this work we are going to investigate an influence of the diffusion of Nd(Fe-Co)Cu eutectic alloys on magnetic properties of Nd-Fe-B based permanent magnets. A mixture of a commercially available MQP-B alloy (70 wt. %) and $Nd_{75}(Cu_{0.25}(FeCo)_{0.75})_{25}$ powders (30 wt. %) was chosen as an object of the study. The components were milled and mixed in a vibrating mill for 20 minutes, then pressed into parallelepipeds 5 × 5 × 10 mm in size and placed in quartz ampoules for a further heat treatment. Measurements were carried out by a pulse magnetometer with magnetic fields H of up to 100 kOe and the PPMS DynaCool with magnetic fields H of up to 90 kOe. The results of the investigation will be presented on the conference.

The study was supported by Minobrnauki of Russia (theme "Alloys" № AAAA-A19-119070890020-3).

1. H. Sepehri-Amin et. al, Scripta Mater., 63, 1124 – 1127, (2010)

2. W.B. Cui, Y.K. Takahashi, K.Hono, Acta Mater., 59(20), 7768 – 7775, (2011)
3. R. Madugundo, D. Salazar-Jaramillo, J. M. Barandiaran, G. C. Hadjipanayis, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 400, 300-303, (2016)

DOMAIN STRUCTURE IN POLYCRYSTALLINE $BiFeO_3$ THIN FILMS: COLLECTIVE POLARIZATION AND TRANSPORT PHENOMENA

Alikin D.O.[1], Fomichov Ye.[2], Reis S. P.[3], Abramov A.S.[1], Chezganov D.[1], Shur V.Ya.[1], Eliseev E.[5], Morozovska A.[6], Araujo E.[3, 4], Kholkin A.L.[1, 7]

[1)] School of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University, 620100, Ekaterinburg, Russia
[2)] Faculty of Mathematics and Physics, Charles University in Prague, Prague 8, 180 00, Czech Republic
[3)] Department of Chemistry and Physics, São Paulo State University, Ilha Solteira - SP, Brazil
[4)] Federal Institute of Education, Science and Technology of São Paulo, 15503-110 Votuporanga, Brazil
[5)] Institute for Problems of Materials Science, National Academy of Sciences of Ukraine, 03142 Kyiv, Ukraine
[6)] Institute of Physics, National Academy of Sciences of Ukraine, 03028 Kyiv, Ukraine
[7)] Department of Physics and CICECO—Aveiro Institute of Materials, University of Aveiro, 3810–193, Aveiro
E-mail: denis.alikin@urfu.ru

The relation between the piezoelectric response, polarization and conductivity polycrystalline $BiFeO_3$ films is investigated. Polarization-dependent conductivity of the GBs was observed. Domain structure and piezoelectric response in thin film BFO was demonstrated to be dependent on grain size

Many efforts have been devoted so far to achieve the control of interfaces in ferroelectric materials based on their polarization. These efforts resulted in the discovery of a variety of different phenomena such as polarization-dependent tunneling effect, resistive switching, symmetry breaking, etc. [1, 2]. Charge transport across the interfaces in complex oxides attracts a lot of attention because it allows creating novel functionalities useful for device applications. In particular, it has been observed that movable domain walls in epitaxial $BiFeO_3$ films possess enhanced conductivity that can be used for read out in ferroelectric-based memories [3].

In this work, the relation between the piezoelectric response, polarization and conductivity in sol-gel sintered polycrystalline $BiFeO_3$ films is investigated. The grains exhibit self-organized domain structure in these films, so that the “domain clusters” consisting of several grains with aligned polarization directions are formed. Surprisingly, GBs between these clusters (with antiparallel polarization direction) have significantly higher electrical conductivity in comparison to “inter-cluster” GBs, in which

the conductivity was even smaller than in the bulk. Domain structure and piezoelectric response in thin film BFO was demonstrated to be dependent on grain size which exemplifies possibility to control piezoelectric performance of the films by the operating with grain size via different annealing conditions.

Polarization-dependent conductivity of the GBs was observed for the first time in ferroelectric thin films. The results are rationalized by thermodynamic modeling combined with finite element simulations of the charge and stress accumulation at the GBs giving major contribution to conductivity. The observed behavior demonstrates collective response of the domain walls and GBs onto external stimuli of temperature gradients existing at the film sintering stage. The existence of low and highly conductive GBs dependent on grain size may have an important impact on overall piezoelectric response and leakage current. It becomes even more important for nanosized-grain ceramics, where the influence of multiple GBs is dominant.

The research was made possible by Russian Science Foundation (Grant 19-72-10076). The equipment of the Ural Center for Shared Use "Modern nanotechnology" UrFU was used.

1. Eshita, T.; Wang, W.; Nomura, K.; Nakamura, K.; Saito, H.; Yamaguchi, H.; Mihara, S.; Hikosaka, Y.; Kataoka, Y.; Kojima, M. Jpn. J. Appl. Phys. 57, 11UA01, (2018)
2. Jiang, A. Q.; Zhang, Y. NPG Asia Mater. 11, 2., (2019)
3. Seidel, J.; Martin, L. W.; He, Q.; Zhan, Q.; Chu, Y-H.; Rother, A.; Hawkridge, M. E.; Maksymovych P, Yu P, Gajek M, Balke N, Kalinin S V, Gemming S, Wang F, Catalan G, Scott, J. F.; Spaldin, N. A.; Orenstein, J.; Ramesh, R. Nat. Mater. 8, 229–234, (2009)

АДСОРБЦИЯ НАНОКЛАСТЕРОВ ZnO НА Si ТЕРМИНИРОВАННОЙ (111) ПОВЕРХНОСТИ

Альжанова А.Е.[1], Мастриков Ю.[2]

[1)] Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан
[2)] Институт физики твердого тела Латвийского университета, г. Рига, Латвия
E-mail: aliya.alzhan@yandex.kz

ADSORPTION OF ZnO NANOCLUSTERS ON Si TERMINATED (111) SURFACE

Alzhanova A.Ye.[1], Mastrikov Yu.[2]

[1)] L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
[2)] Institute of Solid States Physics Latvian University, Riga, Latvia

A computational experiment on the adsorption of ZnO nanoclusters on silicon from the first principles using VASP was performed. A comparative analysis of a computational experiment with a real one is shown. The adsorption energy of a complex system is calculated: ZnO nanoclusters on a Si-terminated

В последнее время все более актуальным становится использование вычислительного эксперимента, как инструмента, позволяющего исследователю смоделировать потенциально возможный эксперимент и при этом получить точный прогноз жизнеспособности системы. Более того, вычислительный эксперимент позволяет рассчитать многие параметры системы (энергию, потенциал, плотность и т.д.), что становится хорошей основой реального эксперимента. Таким образом, применение таких расчетов существенно сокращает время, ресурсы и сужает круг возможных вариантов проведения реального эксперимента для исследуемых систем, т.е. выдает наиболее выгодный вариант с точки зрения эксперимента в реальности.

Ранее нами был проведен эксперимент [1] по получению нанокластеров ZnO, вкрапленных в диэлектрическую матрицу SiO_2 на подложке Si. Рентгеноструктурный анализ системы показал, что при химическом и электрохимическом методах осаждения цинка, в нанопорах слоя SiO_2 формируются нанокластеры ZnO гексаганальной примитивной фазы с индексами Миллера (200) и (201) [2]. Таким образом, полученный новый наноматериал представляет собой сложную систему из нанокластеров ZnO в порах SiO_2, контактирующих с полупроводниковой подложкой Si и разделенных между собой диэлектрической матрицей SiO_2. Особый интерес вызывало место контакта нанокластеров ZnO с подложкой Si, т.к. от данного вопроса зависит потенциальное применение полученного материала, к примеру, в качестве активных (газовые сенсоры) или пассивных (транзисторы) элементов микроэлектроники.

В данной работе нами был проведен вычислительный эксперимент по адсорбции нанокластеров графеноподобного ZnO на Si терминированной (111) поверхности. Т.е. данным вычислительным экспериментом, мы хотели получить или опровергнуть жизнеспособность роста графеноподобного ZnO на подложке Si.

Посчитанное значение энергии адсорбции показало, что система жизнеспособна, более того графеноподобный ZnO хорошо адсорбируется на Si. Расчет плотности электронных состояний от энергии показал, что исследуемая система является проводником, т.е. в месте контакта графеноподобного ZnO с подложкой Si хорошая проводимость, что дает прогноз на возможное практическое применение такой системы. Таким образом, выполненный вычислительный эксперимент, предложил альтернативу реальному эксперименту и подтвердил возможность формирования нанокластеров ZnO графеноподобного типа на кремнии.

Исследование проведено в Институте физики твердого тела Латвийского университета (г. Рига, Латвия) на средства выигранной и.о. доцентом, PhD Альжановой А.Е. стипендии по программе Latvian State Scholarship for Research на 2019-2020 учебный год от Государственного Агенства по развитию образования Латвии.

1. Dauletbekova A., Alzhanova A., et.al., Surface and Coatings Technology J., Vol. 355., (2018).
2. Dauletbekova A., Alzhanova A., et.al., KnE Engineering J., Vol. 2018., (2018).

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В $Sr_3Ir_2O_7$

Андреев С.Н.[1], Мазуренко В.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия.
E-mail: s.n.andreev@urfu.ru

INVESTIGATION OF MAGNETIC INTERACTIONS IN $Sr_3Ir_2O_7$

Andreev S.N.[1], Mazurenko V.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Russia

The work is devoted to the investigation of magnetic properties of $Sr_3Ir_2O_7$. While using superexchange theory we estimated the isotropic and anisotropic exchange interactions between iridium atoms.

5d оксиды переходных металлов привлекают значительное внимание исследователей, так как их свойства сильно зависят от спин-орбитального взаимодействия. В данной работе мы изучаем магнитные свойства $Sr_3Ir_2O_7$. Для этого построим следующий спиновый гамильтониан:

$$H = \sum_{i<j} D_{ij} [\hat{S}_i \times \hat{S}_j] + \sum_{i<j} \hat{S}_i \Gamma_{ij} \hat{S}_j + \sum_{i<j} J_{ij} \hat{S}_i \hat{S}_j ,$$

где $\hat{S}_i$ оператор спина, J_{ij} изотропное обменное взаимодействие, D_{ij} и Γ_{ij} антисимметричное (взаимодействие Дзялошинского Мории), и симметричное анизатропные взаимодействия, соответственно. Эти параметры могут быть определены в рамках теории сверхобмена [1, 2]. Первым этапом нашего исследования является построение гамильтониана с учетом спин-орбитальной связи. Для этого мы выполнили первопринципные расчеты, используя метод псевдопотенциала плоской волны, реализованный в пакете Quantum-ESPRESSO. Для построения минимальной низкоэнергетической модели в базисе функций Ванье мы использовали процедуру максимальной локализации [3, 4] реализованную в пакете Wannier90 [5].

Полученные магнитные взаимодействия между ближайшими соседями в плоскости составляют J = 32 meV и D^Z = 29 meV. Вычисленные Γ_{ij} тензоры характеризуются ненулевыми отрицательными zz-компонентами. Это означает, что для антиферромагнитной конфигурации между ближайшими соседями спины будут иметь плоскостную ориентацию, что противоречит эксперименту. Таким образом, однозонная модель со спин-орбитальной связью не дает правильного описания магнитных свойств в случае $Sr_3Ir_2O_7$. Нужно использовать много орбитальную модель Хаббарда, учитывающую все t_{2g} состояния Ir и спин-орбитальное взаимодействие.

1. Anderson P. Phys. Rev. 115, 2 (1959).
2. Yildirim T., Harris A., Aharony A. Phys. Rev. B 52, 10239 (1995).
3. Marzari N., Vanderbilt D. Phys. Rev. B 56, 12847 (1997).
4. Marzari N., Mostofi A., Yates J., Souza I., Vanderbilt, D. Rev. Mod. Phys. 84, 1419 (2012).
5. Mostofi A., Yates J., Pizzi G., Lee Y.-Su., Souza I., Vanderbilt D., Marzari N. Comput. Phys. Commun 185, 2309 (2014).

ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ОБЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМ И ИОННЫМ ПУЧКОМ В МОНОКРИСТАЛЛАХ НИОБАТА БАРИЯ-СТРОНЦИЯ

Аникин В.А.[1], Шихова В.А.[1], Чезганов Д.С.[1], Нураева А.С.[1], Власов Е.О.[1], Пашнина Е.А.[1], Грешняков Е.П.[1], Небогатиков М.С.[1], Шур В.Я.[1]

[1)] Институт Естественных Наук и Математики, Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: anikin_30@mail.ru

SWITCHING POLARIZATION BY ELECTRON AND ION BEAM IRRADIATION IN STRONTIUM BARIUM NIOBATE SINGLE CRYSTALS

Anikin V.A.[1], Shikhova V.A.[1], Chezganov D.S.[1], Nuraeva A.S.[1], Vlasov E.O.[1], Pashnina E.A.[1], Greshnyakov E.P.[1], Nebogatikov M.S.[1], Shur V.Ya.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The switching polarization and the domain structure formation under action electron and ion beam irradiation on the polar surface of the single crystals of relaxor ferroelectric strontium barium niobate ($Sr_{0.61}Ba_{0.39}Nb_2O_6$) have been studied experimentally.

Ниобат бария-стронция $Sr_{0.61}Ba_{0.39}Nb_2O_6$ (SBN61) – релаксорный сегнетоэлектрик, который обладает наномасштабной исходной доменной структурой [1]. Исследование переключения поляризации и формирования доменной структуры заданной геометрии актуально для фундаментального понимания природы релаксорных сегнетоэлектриков, развития доменной инженерии и создания преобразователей частоты оптического излучения [2] на основе этих материалов.

Было исследовано формирование доменных структур различной геометрии в результате облучения монокристаллов SBN61 сфокусированным электронным и ионным пучками средних энергий. Перед измерениями проводилась термическая деполяризация образцов – медленный нагрев (со скоростью 2 °C/мин) до 200 °C и охлаждение без приложения электрического поля. Облучение проводилось при комнатной температуре, при которой образец находится в сегнетоэлектрическом состоянии.

Облучение проводилось при помощи сканирующего электронного микроскопа Auriga Crossbeam (Carl Zeiss) с системой электронно-лучевой литографии Elphy Multibeam (Raith). Применялись различные способы облучения: (1) точечное облучение, изолированные точки (расстояние между точками не менее 100 мкм); (2) точечное облучение, матрицы из точек 3×3 (расстояние между точками 15 мкм); (3) точечное облучение, матрицы из точек 5×5 (расстояние между точками 7 мкм); (4) полосовое облучение вдоль полярной оси, регулярные полосы с периодом 7 мкм; (5) полосовое облучение под 45° к полярной оси, регулярные полосы с периодом 7 мкм. Доменная структура на поверхности кристаллов визуализировалась методом силовой микроскопии пьезоэлектрического отклика, в

объеме кристаллов методом конфокальной микроскопии комбинационного рассеяния [3] и методом генерации второй гармоники по типу Черенкова [4].

В результате точечного облучения формировались изолированные домены круглой формы. При изолированном облучении электронным пучком площадь доменов линейно увеличивалась с ростом дозы облучения, в то время как при записи доменов в матрицах наблюдалось замедление роста доменов и насыщение переключенной площади при больших дозах. При облучении ионным пучком насыщение переключенной площади при записи доменов в матрице не наблюдалось, площадь изолированных доменов и доменов, записанных в матрицах, была практически одинаковая, при больших дозах облучения наблюдалось искажение формы доменов в матрицах.

Полосовое облучение приводило к формированию полосовых доменов, ширина которых линейно увеличивалась с ростом дозы облучения и выходила на насыщение при дозах выше 300 мкКл/см2. Ширина насыщения для доменов, записанных электронным пучком вдоль полярной оси, была больше, чем для доменов, записанных под 45º к полярной оси. Для записи ионным пучком такого явления не наблюдалось.

Для точечного и полосового облучения были получены зависимости глубины созданных доменов от дозы облучения. Глубина доменов достигала 100 мкм.

Работа выполнена с использованием оборудования УЦКП «Современные нанотехнологии» ИЕНиМ УрФУ. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-72-00008).

1. J. Dec, V. V. Shvartsman et al., Appl. Phys. Lett. 89, 212901 (2006).
2. J. J. Romero, C. Arago et al., J. Appl. Phys. 93, 3111 (2003).
3. P. S. Zelenovskiy, V. A. Shikhova et al., Ferroelectrics, 439 (1), 33-39 (2012).
4. Y. Sheng, A. Best et al., Opt. Express, 18(16), 16539 (2010).

РЕКОНСТРУКЦИЯ АТОМНОЙ СТРУКТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Архандеев И.А.[1], Огородников И.И.[2, 3], Кузнецова Т.В.[1, 2], Кузнецов М.В.[3]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
[3)] Институт химии твердого тела УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: ggw1996fti@gmail.com

RECONSTRUCTION OF ATOMIC STRUCTURE USING HOLOGRAPHIC METHODS

Arkhandeev I.A.[1], Ogorodnikov I.I.[2, 3], Kuznetsova T.V.[1, 2], Kuznetsov M.V.[3]

[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia
[3)] Institute of Solid State Chemistry, Urals Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

In this paper a new software product is presented. It implements the reconstruction of the atomic structure and the simulation of electron scattering on an atomic cluster.

Изучение структуры поверхности занимает важное место в современной науке и технике. Ее роль многократно возрастает, когда мы имеем дело с низкоразмерными системами и наноматериалами, такими как эпитаксиальные пленки, слои графена, слоистые соединения с уникальными свойствами (например, топологические изоляторы) и др.

Одной из проблем, с которой сегодня сталкиваются исследователи при изучении структуры поверхности, является определение позиций атомов не на поверхности, а в слоях, непосредственно примыкающих к ней. Если в первом случае исчерпывающую информацию дает метод СТМ, то для анализа второго, третьего и т.д. слоев под поверхностью требуются специализированные подходы, использующие эффекты рассеяния и дифракции, например, электронов. Однако в отдельности каждый метод не дает необходимой точности результатов и полного понимания проблем поверхности.

По этой причине для изучения поверхности используют несколько методов. Хорошо зарекомендовавшим себя тандемом выступают рентгеновская фотоэлектронная дифракция (РФД) и фотоэлектронная голография (ФГ). Эти методы позволяют визуализировать атомную структуру до 10 нм.

Для оценки полученных результатов необходимо выполнение модельного расчета. Из существующих наиболее эффективным можно назвать алгоритмы многократного рассеяния электронов в атомных кластерах (EDAC) и реконструкции расположения атомов (SPEA-MEM).

Целью данной работы является создание программного продукта для обработки экспериментальных данных, а также моделирования теоретических измерений на атомном кластере, основываясь на эффектах многократного рассеяния электронов.

Проведен анализ экспериментальных и теоретических данных по фотоэлектронной дифракции и голографии с разрешением химических состояний элементов для систем Bi_2X_3 (X: Se, Te). Обсуждается возможность повысить чувствительность метода фотоэлектронной голографии к поверхностным слоям и точность этого метода за счет изменения энергии падающих фотонов, поляризации и селективного анализа угловой зависимости картины фотоэлектронной дифракции.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-29-12061).

1. Dmitry Yu Usachov et al 2019 2D Mater. 6 045046.
2. F. J. Garcı´a de Abajo, M. A. Van Hove, C. S. Fadley. Multiple scattering of electrons in solids and molecules: A cluster-model approach. Phys. Rev. B. 63,075404. (2001)

ROLE OF THE MECHANICAL TREATMENTS IN THE FORMATION OF MAGNETOCALORIC PROPERTIES OF Gd MELT-SPUN RIBBONS

Arkhipov A.V.[1], Andreev S.V.[1], Neznakhin D.S.[1], Tebenkov A.V.[1], Kurlyandskaya G.V.[1], Svalov A.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
E-mail: hemae2468@gmail.com

The magnetocaloric properties of deformed and milled Gd ribbons were carefully analyzed. The maximum of the temperature dependence of the magnetic entropy change value for the ribbon in the initial state, the powder sample and the deformed sample were 11.8, 3.2 and 1.9 J/kg•K at 7 T respectively.

Energy efficiency challenge continues to attract close attention to the problem of magnetic cooling. Nevertheless, despite significant success in the development of new materials for magnetic refrigerators, gadolinium remains the most effective functional material operating near the room temperature [1]. The need for specific devices and applications requires different manufacturing methods and shapes of magnetic cooling elements. Nanocrystalline melt-spun ribbons are very suitable because they have a large surface (both sides are involved in the heat transfer), which contributes to the effective heat transportation and refrigeration while the mechanical properties allow their usage in flexible devices [2, 3]. It is well known that the magnetocaloric effect (MCE) in rare-earth based materials depends on their structural state [4].

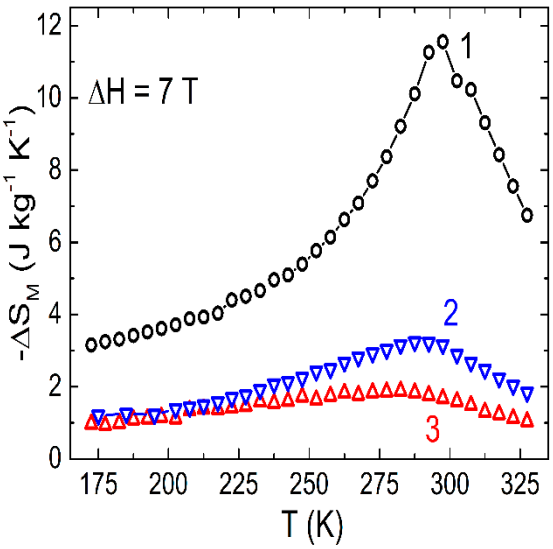


Fig. 1. Temperature dependence of magnetic entropy change ($-\Delta S_M$) for sample of initial state ribbon(1), powder sample (2) and deformed sample (3)

In this work, we present a detailed study on magnetic and magnetocaloric properties of Gd ribbons after different kinds of mechanical treatments such as plastic deformation (value of pressure up to 11 GPa) and ball milling. The magnetic properties of the samples were measured by a SQUID magnetometer. The magnetic entropy change ΔS_M (T, H) was quantified using the Maxwell relation follow the standard procedure.

It was found that the maximum value for the temperature dependence of the change of magnetic entropy ΔS_M for the ribbon in initial state was as high as 11.8 J/kg•K at $\Delta H = 7$ T (Fig. 1), i.e. very close to the corresponding value for the bulk gadolinium. The maximum values of the magnetic entropy change for the powder sample and the deformed sample in the same fields are substantially smaller (3.2 and 1.9 J/kg•K respectively). The reason of a significant decay of the magnetic entropy change ΔS_M in processed samples was carefully analyzed and discussed.

1. S. V. Taskaev, V. D. Buchelnikov, A. P. Pellenen et al. J. Appl. Phys. 113, 17A933 (2013)
2. V. Franco, J.S. Blázquez, J.J. Ipus, J.Y. Law, L.M. Moreno-Ramírez, A. Conde, Prog. Mater. Sci. 93, 112 (2018)
3. A. Svalov, S. Andreev, A. Arkhipov, E. Kudyukov, D. Neznakhin, A. Larrañaga, G. Kurlyandskaya, J. Phys.: Conf. Ser. 1389, 012100 (2019)
4. S. Taskaev, K. Skokov, D. Karpenkov, V. Khovaylo, M. Ulyanov, D. Bataev, A. Dyakonov, O. Gutfleisch, J. Magn. Magn. Mater. 479, 307 (2019)

MAGNETIC INTERACTIONS NANOENGINEERING

Badrtdinov D.I.[1], Rudenko A.N.[1, 2, 3], Katsnelson M.I.[1, 3], Mazurenko V.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Wuhan University, Wuhan, China
[3)] Radboud University, Nijmegen, The Netherlands
E-mail: reason2205@yandex.ru

In this work we propose a reversible mechanism for switching Heisenberg-type magnetic interaction between adatoms on a surface by the example of cobalt dimer deposited on the black phosphorous monolayer.

Selective manipulation of the magnetic interactions between individual atoms is one of the primary goals of nanoengineering. At the moment experimental options on magnetic interactions manipulations are rather limited. For instance, the substrate-mediated interaction of the Ruderman-Kittel-Kasuya-Yoshida (RKKY) type between magnetic adatoms on a metallic surface can be tuned by changing the inter-atomic distance with STM tip [1]. As a result one can switch between ferromagnetic, zero and weak antiferromagnetic Heisenberg exchange interactions realized for specific distances.

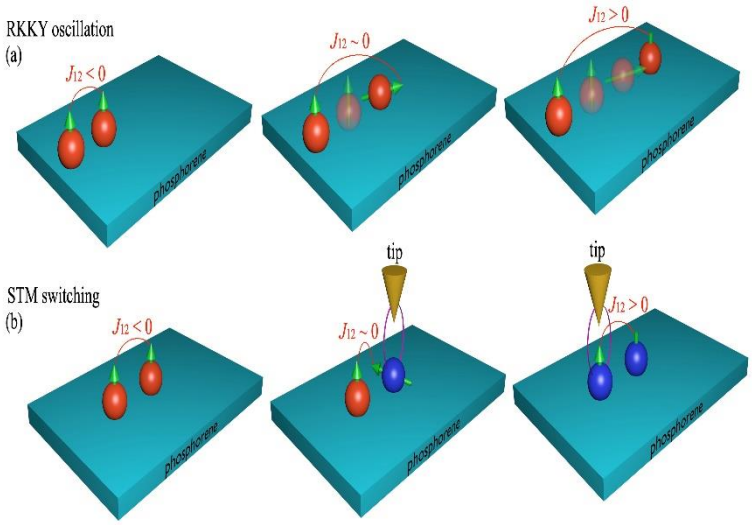


Fig. 1. Two scenario of inter-adatom magnetic interaction switching. (a) Standard distance-dependent RKKY mechanism based on the control of the magnetic coupling via choosing specific positions of the adatoms on a surface. (b) Switching mechanism we propose in this work.

In this work we propose a distinct mechanism for magnetic interaction control that does not require a displacement of the adatoms. Our idea is based on the selective spin state change of the adatoms between high- and low- spin states with STM tip. Recently, such a possibility was experimentally demonstrated in work [2] by the example of the individual Co adatoms on black phosphorus. The relative orbital population, and consequent total magnetic moment and spatial charge density of an individual Co atom

can be easily manipulated by applying a small bias voltage between tip and surface. We will show that similar manipulations with adatoms belonging to a Co dimer results in the switching of the magnetic interaction from ferromagnetic to antiferromagnetic and vice versa (Fig. 1).

This work was supported by the Russian Science Foundation, Grant No. 17-72-20041

1. F. Meier, L. Zhou, J. Wiebe, R.Wiesendanger, Science 320, 5872 (2008)
2. B. Kiraly, A. N. Rudenko, W. M. J. van Weerdenburg, D. Wegner, M. I. Katsnelson, A. A. Khajetoorians, Nat. Commun. 9, 3904 (2018).

FRACTAL MODELS IN ANALYSIS OF ENERGY TRANSFER PROCESSES AT INTERMOLECULAR INTERACTION

Baratova A.A. [1], Baktybekov K.S.[1]

[1)] L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
E-mail: aa.baratova@yandex.kz

The correlated pairs fade away and spatially distributed structures form in the systems in which annihilation processes have a place. Efficiency of these processes on a porous surface depends on its structural characteristics (pore size, degree of homogeneity).

The correlated pairs fade away and spatially distributed structures form in the systems in which annihilation processes have a place. Efficiency of these processes on a porous surface depends on its structural characteristics (pore size, degree of homogeneity). Convenient way for gathering of information about modification of reagent distribution and cluster formation is registration of kinetics delay which is accompanied by triplet excitation annihilation at different temperatures on ratio of reagent concentrations. Method of modeling of bimolecular interactions between donor and acceptor of electron excitation energy in solids by making use of cellular automata is offered in this paper. Reagents distribution on the surface of solids and their evolution is the fundamental scientific interest, since this is an example of self-organized system. Method of multifractal analysis is used for determination of statistical parameters of investigation system. Further researches will allow predicting radiation stability of solids. Obtained researches show that faster annihilation kinetics is observed in matrices with chaotic distribution of reagents. Distribution in system will change from accidental when acceptor molecule very fast finds donor molecule and interacts with it to cluster at which with decrease of trap density trapping probability decreases and from cluster to uniform for which interaction kinetics is described by simple formally kinetic approaching. Conducted multifractal analysis of reagents distribution at different time pieces of kinetic dependences showed that clustering and regulation processes occur faster in higher degree of order matrices.At chaotic distribution of reagents order

degree of matrix less than for matrixes with multifractal and cluster distributions. As a result of spatial division of reagents, clusters formation and their uniform model surface occupation degree of order increases and reaches some constant significance corresponding to surface clusters formation, fractal dimension of which in the course of time doesn't change. Time of stable cluster formation depends on reagents initial distribution character and peculiarities of molecular matrix structural organization at different time intervals. Average number of molecules in cluster and percolation probability (power of infinite cluster) are determined by connectedness connectivity of clusters molecules which specifies effective topology of system and critical concentration.

Observed changes of matrix structural organization with different degree of initial order at energy migration also can to explain on the basis of open systems thermodynamics. Thermodynamic conditions of fractal structures formation can determine from analysis of Rényi generalized fractal dimensions spectrum Dq(q) (figure). The annihilation kinetics decreases at transition from chaotic to cluster distribution of donor molecules as a result of excitation localization in the range of cluster.

1. Mandelbrot B. The fractal geometry of nature- San Francisco: Freeman, (1982).
2. Bozhokin S.V., Parshin D.A. Fractals and multifractals, – M. – Izhevsk, (2001).
3. Vanag V. Study of spatially extended dynamical systems using probabilistic cellular automata, Phys. Usp., vol. 42, pp. 413-434, (1999).

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПОСТРОЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ОБОБЩЕННЫХ МАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТВЕРДОМЕТРИИ СТАЛЕЙ ПОСЛЕ ЗАКАЛКИ И ОТПУСКА

Сандомирский С.Г.[1], Костин В.Н.[2, 3], Василенко О.Н.[2, 3],
Лукиных Н.П.[3], Батуева А.В.[2, 3]

[1)] Объединенный институт машиностроения Национальной Академии наук Беларуси, ул. Академическая, 12, 220072, г. Минск, Республика Беларусь
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: kostin@imp.uran.ru

ABOUT THE POSSIBILITIES OF CONSTRUCTION AND APPLICATION OF THE GENERALIZED MAGNETIC PARAMETERS OF STEEL HARDOMETRY AFTER HARDENING AND RELEASE

Sandomirskii S.G.[1], Kostin V.N.[2, 3], Vasilenko O.N.[2, 3],
Lukinikh N.P.[3], Batueva A.V. [2, 3]

[1)] Joint Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus, Minsk, Belarus
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[3)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

It was shown both theoretically and experimentally that as the tempering temperature of quenched low-carbon steels increases, the values of induction on the asymmetric coercive return–magnetization cycle decrease monotonically at fixed, proportional to the coercive force, values of magnetic field.

Статистическим анализом результатов измерения остаточной намагниченности Mr и намагниченности Ms технического насыщения конструкционных сталей показано, что отношение KS = Mr/Ms в гораздо меньшей степени, чем Mr, чувствительно к изменениям фазового состава сталей [1-4]. С учетом и более точного измерения KS, чем Mr, предложено использовать параметр KS для магнитной структуроскопии среднеуглеродистых сталей в практически важном диапазоне изменения температуры отпуска взамен Mr, коэрцитивной силы и релаксационных магнитных параметров. Преимущества использования параметра KS проиллюстрированы на примере магнитного контроля твердости HRC стали 40Х в практически важном диапазоне ее изменения. Для дальнейшего повышения достоверности контроля твердости среднеуглеродистых сталей и чувствительности к ее изменениям предложено использовать параметр KS в алгебраических комбинациях F4 =KS/(1 – KS) и Ft =tg(πKS/2). Проанализированы относительные погрешности параметров F4 и Ft, вносимые операциями их вычисления. Сопоставлены средние квадратичные погрешности определения твердости HRC стали

40Х в практически важном диапазоне ее изменения по параметрам Mr, KS , F4 и Ft с учетом максимально возможных относительных погрешностей определения этих параметров, а так же коэффициенты корреляции между HRC и Mr, KS , F4, Ft. Результаты показали перспективность использования параметров KS, F4 и Ft для магнитной структуроскопии среднеуглеродистых сталей.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России (тема «Диагностика», № АААА-А18-118020690196-3).

1. Бида Г. В., Сташков А. Н. Дефектоскопия, 4, 67(2003).
2. Костин К.В., Костин В.Н., Смородинский Я.Г. Дефектоскопия, 2, 3(2011).
3. Костин В.Н., Смородинский Я.Г. Дефектоскопия, 7, 23(2017).
4. Сандомирский С.Г. Контроль. Диагностика, 11, 26(2017).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СПИНОВЫХ ВОЛН, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ВЫХОДЕ БЛОХОВСКИХ ТОЧЕК НА ПОВЕРХНОСТЬ МАГНИТНОЙ ПЛЕНКИ

Байкенов Е. Ж.[1], Изможеров И. М.[1, 2], Зверев В. В.[1, 2]

[1)] Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».
[2)] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук
E-mail: erlan.baikenov@urfu.ru

PROPAGATION OF SPIN WAVES THAT OCCUR WHEN BLOCH POINTS EXIT TO THE SURFACE OF A MAGNETIC FILM

Baykenov E. Z.[1], Izmozherov I. M.[1, 2], Zverev V. V.[1, 2]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin
[2)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences

The work is devoted to the study of spin waves arising in thin magnetic films as a result of three-dimensional nonlinear processes in the movement of domain boundaries. Spatial and temporal Fourier spectra of perpendicular (to the film surface) magnetization component are calculated.

Работа посвящена исследованию спиновых волн, возникающих в тонких магнитных пленках вследствие перестроек топологической структуры намагниченности, происходящей при движении доменных границ. Получена визуализация топологической структуры распределений намагниченности. Построены

пространственные и временные фурье-спектры компоненты намагниченности, перпендикулярной поверхности пленки.

Спиновые волны являются объектом активного изучения в связи с перспективами развития спинтроники - нового направления в электронике, базирующегося на использовании управляемых спин-волновых потоков.

В работах [1,2] было показано, что нелинейная динамика доменных границ в тонких пленках из магнитомягких сплавов может иметь достаточно сложный характер Такая динамика является существенно трехмерной и может быть описана в терминах «быстрых» и «медленных» процессов с участием вихревых нитей и блоховских точек (БТ). При протекании быстрых процессов наблюдается генерация спиновых волн. Так, например, процесс выхода БТ на поверхность образца, с одновременным изменением намагниченности в центре содержащей БТ вихревой структуры, сопровождается испусканием объемной спиновой волны.

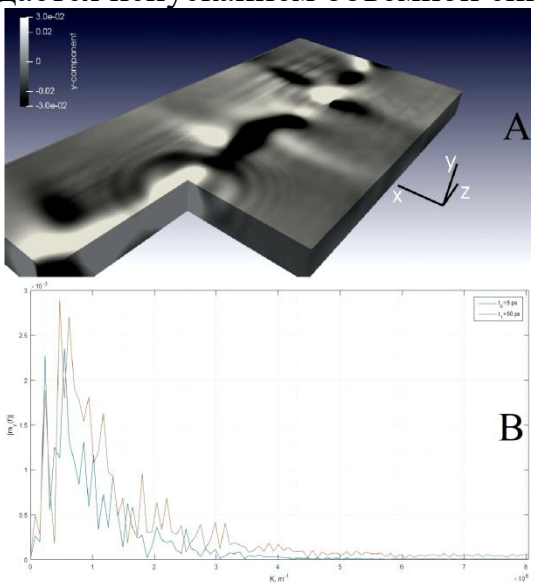


Рис. 1. A) Визуализация спиновых волн в объеме прямоугольного образца; B) Фурье-спектры y-компоненты намагниченности как функции от волнового числа Kz в различные моменты времени (синий график соответствует моменту времени t_1 = 5 пс, а коричневый - t_2 = 50 пс)..

Для изучения распространения спиновых волн использована программа микромагнитного моделирования Mumax3. Для компьютерной симуляции использован прямоугольный образец с линейными размерами Lx = 400 нм, Ly = 20 нм, Lx = 800 нм, состоящий из кубических ячеек со стороной 3,125 нм. Начальное состояние представляет собой асимметричную вихревую границу с двумя БТ, разделяющими участки с противоположными направлениями намагниченности в центре вихря. Первый расчет проходит с шагом по времени 5 пс, в момент времени 590 пс БТ выходит на поверхность и исчезает данный момент времени служит стартовой точкой для второго расчета с более мелким шагом по времени 0,5 пс.

С помощью программного пакета ParaView можно непосредственно наблюдать, как в объеме образца, от места исчезновения БТ, распространяются спиновые волны сферического типа (рис. 1А). Для определения характеристик спиновых волн было выполнено пространственное Фурье-преобразование для компонент вектора намагниченности и получены графики зависимостей my от волнового числа Kz в различные моменты времени (рис. 1В).

1. Zverev, V.V., Filippov, B.N. Three-dimensional simulation of irregular dynamics of topological solitons in moving magnetic domain walls. Phys. Solid State 58, 485–496 (2016)
2. Zverev, V.V., Izmozherov, I.M. and Filippov, B.N. Visualization of Dynamic Vortex Structures in Magnetic Films with Uniaxial Anisotropy (Micromagnetic Simulation). Phys. Solid State 60, 299–311 (2018)

МОДИФИКАЦИЯ СУЛЬФИДА СЕРЕБРА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВИДИМОГО СВЕТА

Беликов А.С.[1, 2], Рempель С.В.[1, 3], Рempель А.А.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: asbelikov1@gmail.com

SILVER SULFIDE MODIFICATION BY VISIBLE LIGHT

Belikov A.S.[1, 2], Rempel S.V.[1, 3], Rempel A.A.[1, 2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[3)] Institute of Solid State Chemistry, UB RAS, Yekaterinburg, Russia

Modification of the surface was considered on the example of silver sulfide. X-ray diffraction measurements were used to understand the particles growth mechanism in silver sulfide under visible light at ambient temperature.

В последние годы большое внимание уделяется нанокристаллическому сульфиду серебра (Ag_2S) в связи с его важностью для наноэлектроники. В то же время, в ряде работ отмечается подверженность Ag_2S изменению под действием дневного света, лазерного излучения и электронного пучка [1-4].

В данной работе исследовалась модификация прессованного порошка сульфида серебра при комнатной температуре после воздействия излучением с длиной волны около 405 нм (ртутная лампа, фильтр D) и 650 нм (красный лазер). Порошок получали путем осаждения сульфида серебра из водного раствора,

затем высушивали и прессовали. По результатам рентгенофазового анализа порошок содержал 0.2 вес. % примесного серебра.

С помощью рентгеновской дифракции обнаружено, что после облучения светом с длиной волны около 405 нм в течение 80 и 120 минут, размер областей когерентного рассеяния в сульфиде серебра увеличивается и составляет около 25 и 35 нм, соответственно. При этом облученные наночастицы принадлежат к той же низкотемпературной фазе акантита, что и облучаемый образец. Полученные результаты позволяют сделать выводы о механизме модификации сульфида серебра под действием света в видимой области спектра.

1. S. Rempel, Y. Kuznetsova, E. Gerasimov, A. Rempel, Physics of the Solid State 8, 59 (2017)
2. P. Redmond, X. Wu, L. Brus, J. Phys. Chem. 111, 25, 8942-8947 (2014)
3. X. Wu, P. Redmond, H. Liu, Y. Chen, M. Steigerwald, L. Brus, J. Am. Chem. Soc. 130, 29, 9500-9506 (2008)
4. S. Sadovnikov, A. Chukin, A. Rempel, A. Gusev, Physics of the Solid State 58, 1, 32-38 (2016)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ФОТОННЫХ КАПЕЛЬ В СРЕДЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Белоненко А.М.[1], Двужилов И.С.[1], Двужилова Ю.В.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет
E-mail: arrow.doctor29@gmail.com

RESEARCH OF PHOTONIC DROPLETS EVOLUTION IN A SEMICONDUCTOR CARBON NANOTUBES MEDIUM

Belonenko A.[1], Dvuzhilov I.[1], Dvuzhilova Yu.[1]

[1)] Volgograd state university

The evolution of photonic droplets in a medium of carbon nanotubes of the «zig-zag» type has been considered. It was shown that the propagation of photonic droplets is stable, the pulse energy remains localized in a limited spatial region.

В настоящее время особый интерес исследователей в области нелинейной оптики представляют фотонные капли (обнаруженные в 2018 году под руководством Мануэля Валинте [1]), за счёт того, что обладают определёнными свойствами благодаря своему специфическому взаимодействию волны с частицами. Они представляют собой состояния света, которые взаимосвязаны и органичны, а так же благодаря балансу соперничающих сил притяжения и отталкивания, которые образуются в конфигурации электромагнитных полей, возникающих в нелинейной нелокальной оптической среде, устойчивы к изменениям размеров и

форм. Так же у фотонных капель самоходное движение обусловлено нестабильностью Фарадея, которая возникает при каждом ударе вокруг капли.

В данной работе показано, что в результате конкуренции нелинейных членов должны образовываться фотонные капли.

Так же в данной научно-исследовательской работе, как и в нелинейной оптике в целом, неотъемлемый интерес вызывают углеродные нанотрубки (УНТ), которые в свою очередь обладают множеством уникальных свойств. В данной сфере учёных привлекает востребованность УНТ, это же в свою очередь помогает развитию исследований в области разработки оптических приборов на основе распространения оптических импульсов, а так же углеродные нанотрубки дают возможность использования их в качестве среды для образования фотонных капель [2].

Электромагнитное поле двумерного предельно короткого оптического импульса в фотонном кристалле из УНТ будем описывать с помощью уравнений Максвелла, используя калибровку Кулона. Вектор-потенциал A имеет одну z-компоненту, которая зависит от пространственных координат и времени

$$(\partial^2 A)/[\![\partial x]\!]^2 +(\partial^2 A)/[\![\partial y]\!]^2 +(\partial^2 A)/[\![\partial z]\!]^2 -1/c^2 \quad (\partial^2 A)/[\![\partial t]\!]^2 +4\pi/c\, j=0 \qquad (1)$$

где c – скорость света, j – плотность тока, которая зависит от закона дисперсии π-электронов в УНТ.

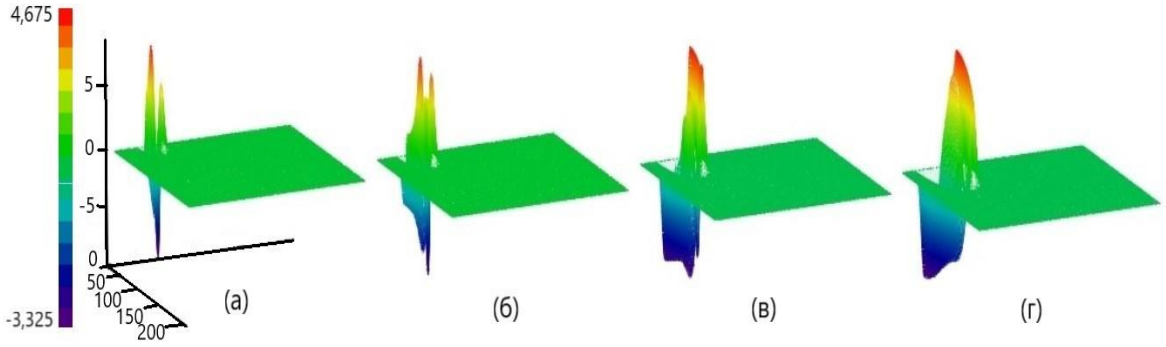


Рис. 1. Эволюция фотонных капель в среде полупроводниковых углеродных нанотрубок. а) 5 пс, б) 7,5 пс, в) 10 пс, г) 12,5 пс. По осям абсцисс и ординат отложены относительные единицы координат.

В результате проделанной работы было установлено, что фотонные капли в среде углеродных нанотрубок распространяются устойчиво, на временах порядка 10 пс. Были обнаружены зависимости динамики фотонных капель с различной скоростью в среде УНТ и показано, что при изменении скорости фотонной капли ее энергия остается в ограниченной пространственной области, но имеет место незначительное изменение формы. Также было продемонстрировано, что увеличение амплитуды фотонной капли при распространении в среде из УНТ влияет на образование более сложной поперечной структуры на заднем фронте импульса.

1. Niclas W., Kali E. W, et al., Phys. Rev. A., 98, 053835 (2018)
2. Zhukov A.V., Bouffanais R., et al., Appl. Phys. D, 123, 196 (2017)

ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА И ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ СПЛАВОВ $Fe_{1-x}Co_xSi$

Ноговицына Т.А.[1], Бессонов С.А.[1], Повзнер А.А.[1], Волков А.Г.[1]

[1)] Уральский федеральный университет
E-mail: t.a.nogovitcyna@urfu.ru

ELECTRONIC STRUCTURE AND THERMAL EXPANSION OF ALLOYS $Fe_{1-x}Co_xSi$

Nogovitsyna T.A.[1], Bessonov S.A.[1], Povzner A.A.[1], Volkov A.G.[1]
[1)] Ural Federal University

The electronic structure of $Fe_{1-x}Co_xSi$ alloys was calculated. The obtained equation of magnetic state describes helicoidal ferromagnetism and its disappearance. It is shown that the thermal expansion has a wide negative minimum near T_C and changes sign upon transition to the paramagnetic state.

Приводятся результаты развитой спин-флуктуационной теории фазовых переходов в геликоидальных ферромагнетиках с взаимодействием Дзялошинского-Мории. На примере сплавов $Fe_{1-x}Co_xSi$ рассматривается роль электронной структуры в формировании мод спиновых флуктуаций. Основное состояние описывается на основе используемого в первопринципных расчетах приближения LDA+U+SO, с дополнительным учетом концентрационных флуктуаций связанных с различием потенциалов внутриатомного хаббардовского взаимодействия на узлах занятых атомами железа и кобальта. Подчеркивается, что основная особенность электронных состояний связана с расположением уровня Ферми вблизи локального минимума и острых пиков плотности d-состояний. В этих условиях возникает смена знака параметра взаимодействия спиновых флуктуаций, что приводит к термодинамической неустойчивости ферромагнетизма и к формированию геликоидального ближнего порядка с флуктуациями спиновой спирали. Исследованы причины того, почему объемный коэффициент теплового расширения (ОКТР) в области низких температур отрицателен и имеет широкий минимум вблизи T_C. Показано, что ОКТР при переходе в парамагнитное состояние, меняет знак.

В рамках самосогласованной термодинамической модели, учитывающей ангармонизм акустических и оптических фононных мод, рассмотрен решеточный вклад в тепловое расширение, сплавов $Fe_{1-x}Co_xSi$.

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСИ ХРОМА НА УПРУГИЕ СВОЙСТВА ФЛЮОРИТА КАЛЬЦИЯ

Бондаревская А.С.[1], Сарычев М.Н.[1], Шутов И.С.[1],
Жевстовских И.В.[1, 2], Гудков В.В.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет имени первого президента России Б.Н.Ельцина
[2)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН
E-mail: any-bondarevskaya@yandex.ru

INFLUENCE OF CHROMIUM IMPURITY ON THE ELASTIC PROPERTIES OF CALCIUM FLUORITE

Bondarevskaya A.S.[1], Sarychev M.N.[1], Shutov I.S.[1],
Zhevstovskikh I.V.[1, 2], Gudkov V.V.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin
[2)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics, UB RAS

We report the results of ultrasound studies in the CaF_2 crystal with the low concentration impurity of chromium. We observed anomaly peaks of the elastic modulus in the temperature dependence of attenuation of ultrasound at frequency 13-165 MHz for the shear and longitudinal wave.

Наличие примесных ионов Cr^{2+} в кристалле CaF_2 приводит к локальным искажениям кристаллической решетки с понижением симметрии и изменению её упругих свойств. Это явление будет интерпретировано с точки зрения эффекта Яна-Теллера.

При изовалентном замещении кальция ионами Cr^{2+} в кристалле со структурой флюорита CaF_2, ион Cr^{2+} оказывается в кубическом окружении, образованным ионами фтора, с основным трехкратно вырожденным орбитальным состоянием $^5T_2$. В этом случае энергия кристалла может понижаться за счет локальных искажений решетки, приводящих к снятию вырождения, в чем проявляется эффект Яна-Теллера (ЯТ) [1]. На температурных зависимостях поглощения ультразвука и упругих модулей эффект ЯТ проявляется в виде характерных аномалий, которые ранее были обнаружены в других кристаллах со структурой флюорита, а именно $SrF_2:Cr^{2+}$ с основным состоянием $^5T_2$ [2, 3] и $CaF_2:Ni^{2+}$ с основным состоянием $^3T_1$ [2, 3].

В работе представлены результаты ультразвуковых исследований в кристалле CaF_2 , содержащем примесь хрома. Продольные и поперечные ультразвуковые волны распространялись вдоль кристаллографического направления [110], измерения были выполнены на частотах 13-165 МГц в интервале температур от 4 К до 300 К.

На температурной зависимости поглощения продольной волны частотой 53 МГц, связанной с упругим модулем $(c_{11}+c_{12}+2c_{44})/2$, был обнаружен пик вблизи 9,3 К. При повышении частоты ультразвука эти аномалии сдвигались в область более высоких температур, что указывало на их релаксационную природу. Для волн, связанных с упругими модулями $(c_{11}- c_{12})/2$ и c_{44} также наблюдались характерные аномалии. Полученные данные свидетельствуют об орторомбических искажениях ЯТ центра Cr^{2+} в CaF_2.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-02-00332)

1. Bersuker I.B., The Jahn-Teller Effect, Cambridge University Press, U.K. (2006).
2. Zhevstovskikh I.V., Bersuker I.B., Gudkov V.V. et al., J. Appl. Phys., 119, 225108 (2016).
3. Averkiev N.S., Bersuker I.B., Gudkov V.V. et al., J. Phys. Soc. Jpn, 86, 114604 (2017).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИНЕЙНО-ЦЕПОЧЕЧНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ

Бокизода Д. А.[1], Зацепин А.Ф.[1], Бунтов Е.А.[1], Матицев А.И.[1], Дутов В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: bobot92@mail.ru

MODELING OF OPTICAL PROPERTIES OF LINEAR-CHAIN CARBON COATINGS

Boqizoda D. A.[1], Zatsepin A.F.[1], Buntov E.A.[1], Matitsev A.I.[1], Dutov V.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The work is aimed to compare the experimental and calculated UV-visible and IR spectra for the straight and helical carbyne crystal structural model. The influence of Cu and Si substrates with (100), (110) and (111) surfaces is taken into account.

Синтез чистого кристалла карбина или длинных изолированных углеродных цепей представляет собой серьезную технологическую проблему из-за нестабильности sp1-углерода. По указанным причинам производство макроскопического карбина до сих пор не было продемонстрировано. Одним из возможных путей синтеза является ионная конденсация карбиноподобных линейных sp1-углеродных цепей (ЛЦУ), упорядоченных в гексагональной структуре с межцепочечным расстоянием 0,5 нм. ЛЦУ был получен экспериментально и изучен множеством методов [1]. Главная проблема заключается в отсутствии техники быстрой аттестации, подтверждающей структуру нового материала. В то же время метод комбинационного рассеяния способен обнаруживать углеродные цепи и отражает их структурные особенности [2].

Целью настоящей работы является совмещение экспериментальных и расчетных оптических спектров для линейной и винтовой структурной модели кристалла карбина. Учитывается влияние медных и кремниевых подложек с ориентацией (100), (110) и (111), а также тип концевой группы (CH, CH_2, CH_3). Расчеты методом DFT позволили установить зависимость между структурой углеродных цепей, фононными частотами и интенсивностью оптического поглощения и отражения, что обеспечивает возможность интерпретации экспериментальных полос ОП. В качестве системы образцов мы использовали пленки 20 - 400 нм цепей на медной подложке, синтезированные с помощью ионной конденсации в высоком вакууме, где совмещение пучков ионов углерода и аргона обеспечивает рост пленки гексагонально упакованных sp1-цепей.

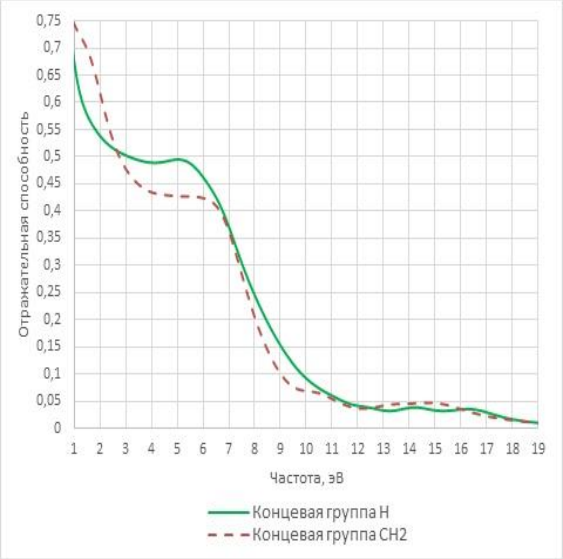


Рис. 1. Расчетные спектры отражения линейно-цепочечного углерода на кремниевой подложке для разных типов концевых групп.

1. E.A. Buntov et al. Carbon, 117, pp. 271-278 (2017).
2. D.A. Boqizoda et al. MDPI Carbon, 5, pp. 55-62 (2019).

РАВНОВЕСНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ВАКАНСИЙ В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ ВНЕДРЕНИЯ С ДВУМЯ ТИПАМИ ЗАПОЛНЕННЫХ МЕЖДОУЗЛИЙ

Бородин К.И.[1, 2], Волков В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 620002, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов им. Н. А. Михеева УрО РАН, 620108, Россия, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18
E-mail: bkimm@mail.ru

THE EQUILIBRIUM CONCENTRATION OF VACANCIES IN SOLID INTERSTITIAL SOLUTIONS WITH TWO TYPES OF FILLED INTERNODES

Borodin K.I.[1, 2], Volkov V.A.[1]

[1)] Ural Federal University, 19 Mira Str., Yekaterinburg, 620002, Russian Federation.
[2)] M. N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 620108, Ekaterinburg, 18 S. Kovalevskoi Str., Russian Federation.

The equilibrium concentration of vacancies in solid interstitial solutions A - (C) is calculated taking into account the configuration of the nearest neighbors of the vacant site. It is shown that due to the interstitial atoms can be a significant increase in the concentration of vacancies.

В настоящей работе проведен расчет равновесной концентрации вакансий в твердом растворе A – (C), в котором атомы внедрения C заполняют междоузлия двух типов с учетом различия их конфигураций в ближайшем окружении вакансии. В качестве термодинамических переменных выберем числа вакансий с определенным окружением их атомами внедрения C в ближайшем соседстве и определенными числами внедренных атомов на междоузлиях разных типов.

Рассмотрим раствор внедрения A-(C), содержащий на узлах Na+Nv атомов сорта A, в междоузлиях которого размещены Nc атомов сорта C. Удалим n(k1,k2) атомов A таких, что в ближайшем окружении у них имеется k1 атомов C на междоузлиях 1-ого типа и k2 атомов C на междоузлиях 2-ого типа. В этом случае в кристалле появляется Nv вакансий, где Nv есть сумма всех n(k1,k2).

Используя модель невзаимодействующих внедрений [1], можно записать конфигурационную энергию рассматриваемой системы E и термодинамическую вероятность состояния кристалла с вакансиями W.

Уравнения равновесия рассматриваемой системы получаются из условия экстремальности свободной энергии F=E-kTlnW по термодинамическим переменным n(k1,k2) и N1c, где N1c - число атомов C на междоузлиях первого типа. Полученные уравнения могут быть значительно упрощены, если учесть, что n(k1,k2) много меньше Na. В результате вместо связанных уравнений для n(k1,k2) появляется совокупность отдельных уравнений для каждой из этих величин. Вводя в

рассмотрение концентрации вакансий с определенным типом ближайшего окружения v(k1,k2)= n(k1,k2)/Na, получим уравнения для каждой из них. Тогда полная концентрация вакансий v есть сумма всех v(k1,k2).

Полученные формулы дают полное решение поставленной задачи, показывая зависимость концентрации вакансий в системе от температуры и концентраций внедренных атомов на подрешетках. Исследуем частные случаи полученного общего решения.

1)Пусть внедренные атомы располагаются только на междоузлиях какого-либо одного типа, например, в оцк- и гцк-кристаллах на окта- либо тетра-междоузлиях. В полученных в этом приближении формулах, зависящий от концентрации атомов внедрения Cc множитель связан с изменением энтропии системы внедренных атомов при образовании в кристалле вакансий. Роль этого фактора сводится к увеличению концентрации вакансий с ростом Cc. Это увеличение особенно велико в оцк-растворах, в которых атомы C занимают тетра-междоузлия. Так при Cc=0,05 увеличение v составляет 37%.

2)В пределе слабого взаимодействия атомов C с атомами матрицы из общих уравнений получим выражение для концентрации вакансий. Этот предельный случай соответствует приближению средних энергий [2]. При высоких температурах зависимость концентрации вакансий от температуры будет определяться обычным экспоненциальным законом [1]. Полагая Cc равным 0,02-0,1, получим, что в оцк-растворах увеличение концентрации вакансий v будет составлять величину порядка 20%-60%.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Сплавы») Г.р.№ АААА-А19-119070890020-3

1. Смирнов А.А., Теория сплавов внедрения, Наука (1979)
2. Волков В.А., Машаров Г.С., Машаров С.И., ФММ, 102, 261 (2006)

RESEARCH INTO BORON-CARBON NANOTUBE BC-TYPE MODIFIED BY ALKALINE METAL ATOMS

Boroznin S.V.[1], Zaporotskova I.V.[1], Boroznina N.P.[1], Zhitnikov Z.A.[1]

[1)] Volgograd State University
E-mail: boroznin@volsu.ru

We studied the mechanism of Li, K and Na atoms sorption on the external surface of single-walled BC nanotubes. The analysis of the band gap structure suggests that the band gap is insensitive to adsorption process. The electron density is located near the surface atoms of the tube.

The boron-carbon nanotube (6,0) has been chosen as a main object of the research. The borders of the nanotube modified with hydrogen pseudo atoms for compensation

of the unsaturated chemical bonds. The calculations has been carried out using molecular cluster model and Density Functional Theory (DFT) method [1-4].

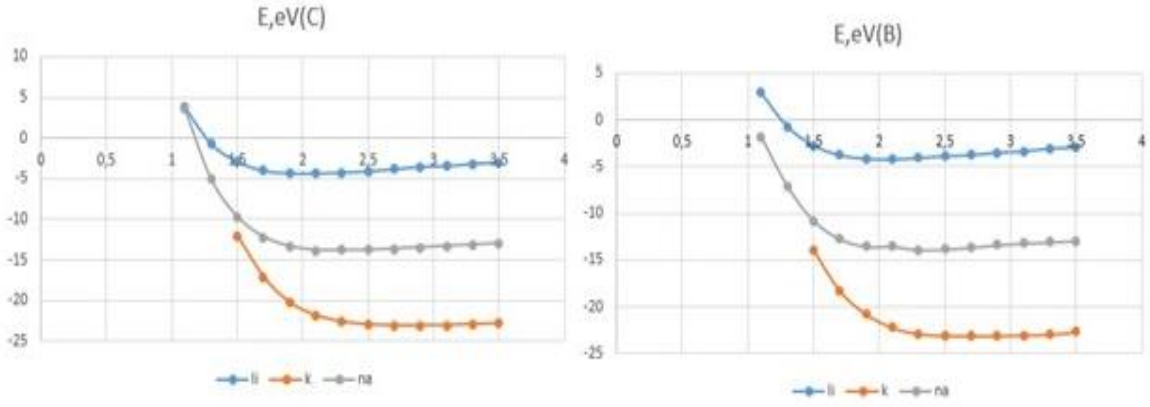


Fig. 1. Potential energy curves of the interaction process for BC nanotube and alkali metal atoms. a) atom C; b) atom B

For avoiding the border effects, the sorption centers located in the middle of the nanotube. The calculation has been carried out using reaction coordinate method. The approaching step has been chosen equal to the 0.1 A along the perpendicular to the longitude axis of the nanotube. All geometry parameters have been optimized during the calculation process. After the calculation, the adsorption energy and distance have been carried out. The adsorption energy and sorption distance for obtained processes are presented on the figure 1(a,b).

The adsorption energy has been calculated using equation 1:

$$E_{ad} = E_{ad.c.} - (E_{tub} + E_{Li,K,Na}) \quad (1)$$

where E_{ad} – adsorption energy, $E_{ad.c.}$ – the energy of the obtained complex, E_{tub} – the nanotube energy, $E_{Li,\,K,\,Na}$ – the metal atom energy

An analysis of the charge distribution showed that the transfer of electrons of metal atoms to the surface atoms of boron-carbon tubulene occurs in the system. This leads to an increase in the number of main charge carriers in a nanotube.

Researches are executed with financial support of a grant of the Russian President №798.2019.1.

1. Dresselhaus, M.S. Springer-Verlag. (2000)
2. D'yachkov, P.N. M.: BINOM. LABORATORIA ZNANII, Russia, 488, (2010).
3. Saito, R., Dresselhaus, M.S., Dresselhaus, G. Imperial College Press, 251 (1999)
4. Harris, P. M.: TECHNOSHERA, 336 (2003)

ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ АНИОН-ДЕФЕКТНЫХ КРИСТАЛЛОВ A-Al_2O_3 ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Бояринцев А.И.[1, 2], Абашев Р.М.[1, 2]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: boyarincev.alex@gmail.com

THERMOLUMINESCENCE OF ANION-DEFECTIVE A-Al_2O_3 CRYSTALS AT LOW TEMPERATURES

Boyarintsev A.I.[1, 2], Abashev R.M.[1, 2]

[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The low-temperature TL properties of α-Al2O3:C were investigated. The installation based on a thermoelectric cooler was created. The results of comparing the intensities of dosimetric peaks when irradiating samples with the same dose at room temperature and at -30° C were obtained.

В настоящее время термолюминесцентные свойства кристалла α-Al_2O_3:C в диапазоне от комнатной температуры до 1000°C изучены достаточно хорошо. В последнее время возникает интерес к изучению низкотемпературной термолюминесценции, то есть при температурах ниже комнатной [1,2].

Термолюминесцентные дозиметры на основе кристалла α-Al_2O_3:C (ТЛД-500К) используются для дозиметрии окружающей среды. В условиях зимнего времени года или в северных районах температура окружающей среды опускается ниже -20°C. При таких температурах в кристалле становятся доступны ловушки, которые термически не стабильны при комнатной температуре. Под воздействием радиоактивного излучения электроны могут захватываться не только на основную дозиметрическую ловушку, но и на ловушки, которые доступны при низких температурах. Это ведет к снижению интенсивности основного дозиметрического пика, и, как следствие, к искажению реальной дозиметрической информации.

Целью работы являлось создание установки и исследование термолюминесцентных свойств кристаллов α-Al_2O_3:C при облучении в температурном диапазоне от -40 до 400°C. Охлаждение кристаллов осуществлялось с помощью элементов Пельтье, этот же элемент использовался для линейного нагрева образцов до комнатной температуры. Высокотемпературный нагрев обеспечивался стандартным ТЛД считывателем.

Методика эксперимента основана на сравнении интенсивностей дозиметрических пиков, полученных при облучении образцов одинаковой дозой при комнатной температуре и при -30°С градусов.

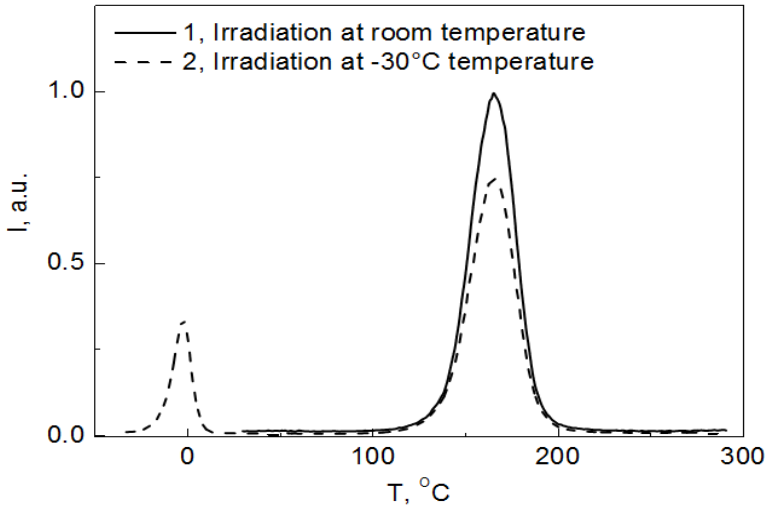


Рис. 1. Сравнение интенсивностей дозиметрических пиков, полученных при облучении образцов одинаковой дозой при комнатной температуре (1) и при -30°С (2)

Предварительная оценка экспериментальных данных показывает снижение интенсивности дозиметрического ТЛ пика не менее чем на 15% при температуре облучения -30°С, как это показано на Рисунке 1. В дальнейшем предполагается модернизировать установку для определения спектральных характеристик ТЛ в области низких температур и изучения закономерностей оптического переселения носителей заряда из основной дозиметрической ловушки, ответственные за ТЛ пик при низких температурах.

Авторы выражают благодарность профессору И.И. Мильману за предоставленную помощь. Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Экспертиза», № АААА-А19-119062590007-2) при частичной поддержке РФФИ (проект № 20-48-660045).

1. Soni A. Development of cryostat integrated TL/OSL reader for its application in radiation dosimetry / A. Soni, D.R. Mishra, S.S. Gaur, M. Uke // Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A. – 2019. – Vol. 935. – 191-197 p.
2. Mishra D.R. Luminescence properties of α-Al_2O_3:C crystal with intense low temperature TL peak / D.R. Mishra, M.S. Kulkarni, K.P. Muthe, C. Thinaharan // Radiation Measurements. – 2007. – Vol. 42. – 170-176 p.

ИМПУЛЬСНАЯ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ЧИСТОЙ И ЛЕГИРОВАННОЙ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ Y_2O_3 И YAG

Бубнова А.С.[1, 2], Соломонов В.И.[1, 2]

[1)] Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: AnnieBubnova@mail.ru

PULSED CATHODOLUMINESCENCE OF PURE AND DOPED WITH RARE EARTH ELEMENTS Y_2O_3 AND YAG-BASED CERAMICS

Bubnova A.S.[1, 2], Solomonov V.I.[1, 2]

[1)] The Institute of Electrophysics of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Via pulsed cathodoluminescence samples of pure and doped with rare earth elements Y_2O_3- and YAG-based ceramics were analyzed to clarify the nature of their intrinsic luminescence centers.

В данной работе для идентификации природы собственных центров люминесценции в диапазоне 220-850 нм представлены и исследованы спектры импульсной катодолюминесценции номинально чистых и легированных редкоземельными элементами керамических образцов иттрий-алюминиевого граната (YAG) и оксида иттрия (Y_2O_3). В этих материалах обнаружено три типа собственных центров люминесценции. В УФ диапазоне автолокализованные экситоны с дырочной компонентой, представляющей собой молекулярные ионы $O3^{-}2$, ассоциированные с катионными вакансиями, излучают одинарную широкую полосу с центром при $\lambda = 350$ нм и двойную полосу при $\lambda = 320$ и 350 нм в оксиде иттрия и в YAG, соответственно. В зеленой области ИКЛ спектра присутствует широкая полоса при $\lambda = 490$ нм в оксиде иттрия и при $\lambda = 510$ нм в YAG, которая излучается *F*-центрами. В красной области ИКЛ спектра в обоих материалах присутствует серия узких полос в области 600-730 нм, которая принадлежит люминесценции связанного радикала Y=O. Показано, что легирование обоих материалов иттербием не оказывает влияния на характеристики первого центра, но сильно влияет на характеристики второго и третьего центров.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-08-00018

ПОЛНОЕ РАСКРЫТИЕ СТРУИ ПЕРЕГРЕТОЙ ВОДЫ ПРИ ИСТЕЧЕНИИ ЧЕРЕЗ КВАДРАТНЫЙ КАНАЛ

Бусов К.А.[1]

[1)] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики Уральского отделения Российской академии наук (ИТФ УрО РАН), 620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, 107а
E-mail: kbusov@itp.uran.ru

COMPLETE JET OPENING OF SUPERHEATED WATER AT THE OUTFLOWING THROUGH A SQUARE NOZZLE

Busov K.A.[1]

[1)] Institute of Thermal Physics Ural Branch, Russian Academy of Sciences Amundsena St., 107a Ekaterinburg, 620016, Russia

The dynamics of boiling-up of superheated water jet outflowing from a high-pressure chamber through a short square nozzle has been experimentally investigated. The change of the opening jet angle with increasing temperature along the binodal is traced.

Исследование истечения струй вскипающих жидкостей через короткие каналы актуально для получения мелкодисперсной среды различной формы. В частности, при истечении перегретой жидкости из камеры высокого давления через короткий цилиндрический канал, было зафиксировано полное раскрытие струи (течение потока в радиальном направлении). Опыты показали, что полный развал наблюдался при проявлении механизма взрывного вскипания [1] и при наличии прилегающей плоскости за выходным срезом канала, благодаря которой струя захватывалась вследствие эффекта Коанда. Цель данной работы заключалась в исследовании изменения формы струи вскипающей воды при использовании квадратного канала.

Истечение перегретой жидкости происходило из камеры высокого давления объемом 630 мл через короткий квадратный титановый канал (длина l=0.7, сторона a=0.5 мм) в атмосферу. Температура и давление в опытах изменялись вдоль линии фазового равновесия. Исследования показали, что и при использовании короткого квадратного канала наблюдалось полное раскрытие струи в широком температурном интервале от T=210 °C до T=270 °C. Таким образом кризис формы потока наблюдается, как для цилиндрического, так и для квадратного каналов. Однако, в случае использования квадратного канала, при полном развале струи наблюдалось истечение жидкости преимущественно из углов канала. Стоит также отметить, что при температуре T=270 °C истечение струи перегретой воды происходило нерегулярным образом – поток за короткие промежутки времени то схлопывался, то полностью раскрывался. Подобный эффект был зафиксирован при истечении перегретой воды через короткий цилиндрический канал с использованием пассивного завихрителя [2].

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации грант № МК-1933.2020.8, РФФИ, грант № 19-08-00091 и Комплексной программы УрО РАН проект № 18-2-2-3.

1. Скрипов В.П. Метастабильная жидкость. – М.: Наука 1972. 312 с.
2. Бусов К. А., Решетников А. В., Мажейко Н.А., Капитунов О.А., Прикладная механика и техническая физика, 60, 62-68, 2019.

О ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТНОЙ МАРКИРОВКИ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ

Бызов А.В.[2], Костин В.Н.[1, 2], Батуева А.В.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: byzovav@imp.uran.ru

ON ABILITY OF THE MARKING OF DRILL PIPES

Byzov A.V.[2], Kostin V.N.[1, 2], Batueva A.V.[1, 2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

As a method for identifying pipes, magnetic marking is proposed. The magnetized section (magnetic label) is able to maintain residual magnetization at temperatures in the climatic range and due to the magnetoelastic effect when dynamic loads are applied.

В настоящий момент на объектах газовой промышленности существует задача производить магнитную маркировку изготавливаемых и в дальнейшем запускаемых в эксплуатацию труб.

Магнитная маркировка представляет собой точечное намагничивание участка трубы с возможностью дальнейшего считывания ряда магнитных меток (ММ) с переводом их в двоичный код и далее в инвентарный номер трубы.

Для определения возможности выполнения такой задачи в качестве исследуемого объекта использовалась пластина из трубной стали. В качестве намагничивающего устройства использовался П-образный магнит с возможностью замыкания/размыкания магнитной цепи благодаря ротору в сердечнике магнита.

Схематическое изображение исследуемой пластины с разметкой намагничиваемых участков (НУ) и точек, в которых производилось измерение компонент индукции магнитного поля, показано на рисунке 1.

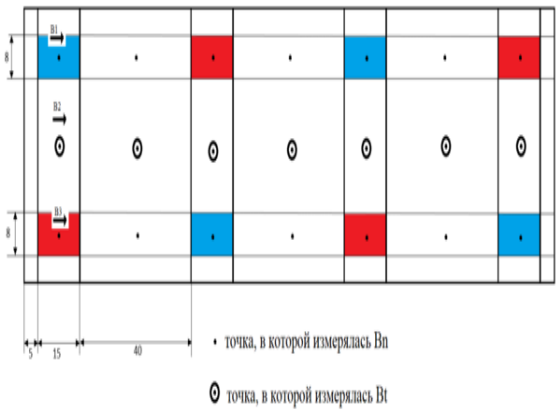


Рис. 1. Схематическое изображение исследуемой пластины

С помощью описанного магнита происходило намагничивание пластины в 4 областях. Процедура намагничивания происходила по следующему алгоритму: «разомкнутый» магнит располагался на поверхности пластины в области, в которой предполагалось производить НУ. Далее производилась магнитная подготовка намагничиваемого участка: равномерным поворотом ротора в количестве 4 полных оборотов производилось равномерное перемагничивание участка пластины; после магнитной подготовки фиксировали положение ротора таким образом, чтобы создать максимальный магнитный поток в НУ; после этого ротор поворачивался еще на пол-оборота с целью разомкнуть магнитную цепь и магнит удалялся с поверхности пластины. Цвета на рисунке соответствуют тому, какой именно полюс был к ним приложен во время намагничивания: красный – северный, синий – южный.

Измерения осуществлялись с помощью магнетометра, представляющего собой аппаратный блок с цифровым индикатором измеряемой физической величины: а именно, магнитной индукции; и феррозондового датчика.

Суммарное время наблюдения за пластиной после намагничивания составило 113 часов, из них: при температуре -16°С в течение 11 часов и при температуре +40°С в течение 24 часов; остальное время при комнатной температуре. Удалось выяснить, что остаточная магнитная индукция (ОМИ) НУ оставалась постоянной при выдержке исследуемого стального образца в данном временном и температурном интервале. А это показывает, что температура эксплуатации не влияет на уменьшение ОМИ НУ.

Чтобы показать влияние ударных нагрузок на сохранение ОМИ НУ, образец свободно падал с высоты 0,5 м. Как оказалось, при неоднократном падении с одной и той высоты, т.е. при приложении ударной нагрузки одинаковой величины, значение ОМИ изменялось в 2 раза с 320 мкТл до 160 мкТл и в дальнейшем это значение не менялось. Для уменьшения значение ОМИ, приходилось использовать все большие и большие нагрузки. Это проявление так называемого магнитоупругого эффекта, который описан в [1].

В результате проделанной работы было показано, что наличие ударных нагрузок влияет на сохранение значения ОМИ в отличие от температуры эксплуатации.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Диагностика», № АААА-А18-118020690196-3).

1. Новиков В.Ф. Сборник материалов X международной конференции «Механика, ресурс и диагностика материалов и конструкций», Екатеринбург, 280 (2019).

MAGNETIC PROPERTIES AND GIANT MAGNETOIMPEDANCE OF THE FeSiB FERROMAGNETIC ALLOY ELEMENTS

Chlenova A.A.[1, 2], Lukshina V.A. [2], Kurlyandskaya G.V. [1, 3]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, 620002, Russia
[2)] Institute of Metal Physics UB RAS, Yekaterinburg, 620108, Russia
[3)] Department of Electricity and Electronics, Universidad del País Vasco UPV-EHU, Leioa 48940, Spain
E-mail: chlenova.anna@gmail.com

The magnetostatic and magnetodynamic properties of Fe-based amorphous ribbons were investigated in this work depending on the composition and length of the MI elements.

Amorphous soft magnetic ribbons are widely used materials that applicable for current transformers, electromagnetic interference filters, electromagnetic shields and physical parameter sensors. These materials have an advantage of their very high magnetic softness, low magnetic losses and high stability of the properties. Devices based on amorphous ribbons have high accuracy and reliability. It refers, for example, to such devices as magnetoimpedance sensors. Magnetoimpedance (MI) effect consist in the change in total electrical impedance of a ferromagnetic conductor when an external magnetic field is applied and alternating current flows through it [1]. The magnetostatic and magnetodynamic properties of Fe-based amorphous ribbons were investigated in this work depending on the composition and length of the MI elements.

$(Co_{95}Fe_5)_{80}Si_{10}B_{10}$ ribbon (S1, width 1 mm) and $Fe_{74}Si_{13}B_9Nb_3Cu_1$ (S2 and S3, width 3 mm) ribbons were prepared by rapid quenching technique. The first one has classic composition [2] that was investigated as reference point. The addition of niobium to the second alloy leads to decrease of the the magnetization reversal losses [3]. Magnetic properties of the samples were measured by vibrating sample magnetometer. Magnetoimpedance spectra were obtained for MI sensitive elements using an Agilent E4991A impedance analyzer based installation. It was found that the highest magnetoimpedance ratio has S1 ribbon (Figure 1). Magnetic properties in these alloys can be significantly modified as a result of thermomagnetic treatment, such as an increase of the magnetoimpedance characteristics. Peculiarities of the magnetic anisotropy of the

elongated elements were studied for different lengths of 1.5 and 4.0 cm. Contribution of the demagnetizing fields and the shape anisotropy was evaluated for comparison of the data for S2 and S3 structures. As a result, the magnetoimpedance ratio for the total impedance was increased for longer sample. At the same time, two peaks appeared in the field dependence of the magnetoimpedance ratio, which indicates an increase in the anisotropy field.

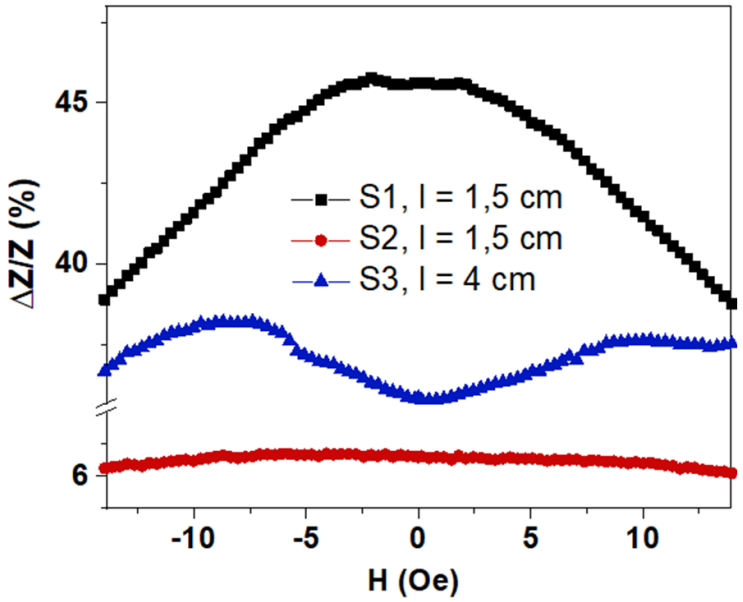


Fig. 1.Field dependence of magnetoimpedance ratio for the total impedance for structures based on different compositions and different length in the case of S1, S2, S3 sensitive elements. Measurements done at 63 MHz frequency.

1. Kurlyandskaya G. V., de Cos D., Volchkov S. O., Russ. J. Nondestr. Test. 45 377 (2009)
2. Machado F.L.A., Da Silva B.L., Rezende S.M., Martins C.S., Journal of Applied Physics Volume 75(10) 6563 (1994)
3. Manna S.K., Srinivas V., JMMM 449 467 (2018)

ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КЕРАМИК ОКСИДА АЛЮМИНИЯ С ПРИМЕСЯМИ ЛИТИЯ И ИТТРИЯ

Чуркин В.Ю. [1], Панков В.А.[1], Звонарев С.В.[1], Фролов Е.И.[1, 2], Юлин А.Д.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия
E-mail: churkinslavatok@rambler.ru

THERMOLUMINECSENCE OF LI AND Y-DOPED ALUMINA CERAMIC

Churkin V.Y. [1], Pankov V.A.[1], Zvonarev S.V.[1], Frolov E.I. [1, 2], Yulin A.D.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Samara State Technical University, Samara, Russia

The thermoluminescence glow curves of ceramics based on aluminum oxide with impurities of lithium and yttrium were investigated. A position and a shape of thermoluminescence peaks depend on the annealing temperature and the concentration of dopants.

Одним из методов для регистрации ионизирующего излучения и обнаружения дефектов в диэлектриках и полупроводниковых материалах является люминесценция. В последнее время проводятся исследования по регистрации ионизирующего излучения с помощью алюмината лития ($LiAlO_2$ или LAO). Высокое содержание лития в материале дает высокую вероятность захвата нейтронов, что позволяет использовать их в качестве новых нейтронных детекторов [1]. Оксидные соединения с иттрием характеризуются новыми физическими, химическими и оптическими свойствами. Так у оксидов иттрия и алюминия, наблюдаются характерные дефектные центры, связанные с кислородными вакансиями и неструктурными дефектами (YAl) [2,3]. Для изучения механизмов люминесценции данных центров, определения их типа и структуры, применяется метод термолюминесценции (ТЛ) после облучения средними и высокими дозами.

Для изготовления керамических образцов из высокочистого (99,7%) коммерческого нанопорошка оксида алюминия создавались компакты массой 100 мг методом холодного статического прессования под давлением 125 МПа. Компакты имеют низкую механическую прочность, поэтому перед процессом допирования был проведен их термический отжиг при температуре 450 °С в течение 0,5 часов. С целью создания примесной керамики компакты пропитывались полчаса в растворах лития (I) азотнокислого 3-вод. химически чистого ($LiNO_3 \cdot 3H_2O$, хч) и иттрия (III) азотнокислого 6-вод. чистого ($Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$, ч). Изменяя количество добавляемой соли в растворе, были получены образцы с концентрациями лития 1 и 4,7 масс. % и концентрациями иттрия 1 и 15,9 масс. %. Далее проводилось спекание в высокотемпературной вакуумной электропечи СНВЭ 9/18 в условиях низкого вакуума ($1{,}3 \cdot 10^{-2}$ Па) в течении 1 часа. Температура спекания была

выбрана 1000 и 1200 ºС, на границах которых происходят фазовые превращения при использовании выбранных соединений.

Оценка оптических свойств методом термолюминесценции проводилась на экспериментальной установке при линейном нагреве от 300 до 770 К и скорости нагрева 2 К/с после облучения импульсным электронным пучком с энергией: 130±10 кэВ (15 кГр).

На кривых ТЛ керамических образцов Al_2O_3 после облучения импульсным электронным пучком имеются два четко выраженных пика при 460 и 630 К, интенсивность которых с ростом температуры отжига увеличивается. При добавлении примеси лития в оксидную керамику, интенсивность данных пиков увеличивается и появляются два новых пика при 390 и 420 К. Их интенсивность существенно увеличивается с ростом концентрации лития с 1 до 4,7 wt. %. Допирование иттрием керамики оксида алюминия приводит к тушению пика люминесценции, связанного с хромом (630 К), и сопровождается появлением двух новых пиков при 360 и 550 К. Интенсивность всех пиков комплексной керамики Al_2O_3:Li,Y при увеличение температуры отжига с 1000 до 1200 ºС, возрастает на один порядок.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-72-10082).

1. P.T. Dickens. Journal of Luminescence, 190, 242−248 (2017).
2. A. Ciric. Journal of Luminescence, 217, 116762 (2020).
3. Ya. Zhydachevskyy. Acta Physica Polonica A, 133, 977-980 (2018).

TEMPERATURE FEATURES OF HYSTERESIS PROPERTIES OF La-Co FILMS

Dengina E.Yu.[1], Stepanova E.A.[1], Kulesh N.A.[1], Vaskovsky V.O.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Insitute of Metal Physics UB RAS, Ekaterinburg, Russia
E-mail: denginak@mail.ru

Magnetic properties of La-Co films of different compositions are investigated experimentally within the temperature range of 5-350 K and interpreted with involvement of computer modeling. Exchange bias is detected, its presence is associated with amorphous-crystalline inhomogeneity of the films.

Perspective development principles of high-density magnetic systems for recording information, including MRAM [1], are oriented to planar media with out-of-plane easy magnetization axis. It causes stable research interest towards magnetic films with such type of magnetic anisotropy also known as perpendicular anisotropy. As we have shown earlier [2], films of the La-Co system with a lanthanum content up to 20 at. % demonstrate perpendicular anisotropy. This work is aimed at explaining the nature of the perpendicular component of magnetic anisotropy and consists in studying the temperature effect on the magnetic properties of La-Co films obtained by high-frequency ion sputtering.

The experiment is carried out on LaxCo100-x films of 100 nm thickness, deposited on Corning glass substrates and covered with a Ti protective layer. The composition of the films in the range of $5 < x < 25$ is determined on a Nanohunter X-ray fluorescence spectrometer, microstructure is evaluated using X-ray diffractometry, and magnetic properties are measured on a MPMS XL7 system in the temperature range of $5 \div 350$ K.

Systematic quantitative data on the structure and temperature dependencies of magnetic properties of films of different compositions are obtained from experiments. It is shown that a characteristic qualitative feature of their magnetism is the state with stripe domain pattern, which leads to a specific (beveled) hysteresis loop. An example of such loop is shown in Fig. 1,a for the La18Co82 film. Its coercivity, saturation and remanent magnetization are weakly dependent on temperature (Fig. 1, b and Fig. 1, c). At the same time, it is found that as the temperature T decreases, the shape of the loop itself is significantly distorted. It gains a multi-stage form, which can be interpreted as a superposition of two half-loops that move apart as T decreases. Generally, the temperature dependence of the bias field Hbias, which characterizes the position of the center of the half-loop in the region of positive magnetization values, is shown in Fig. 1, c.

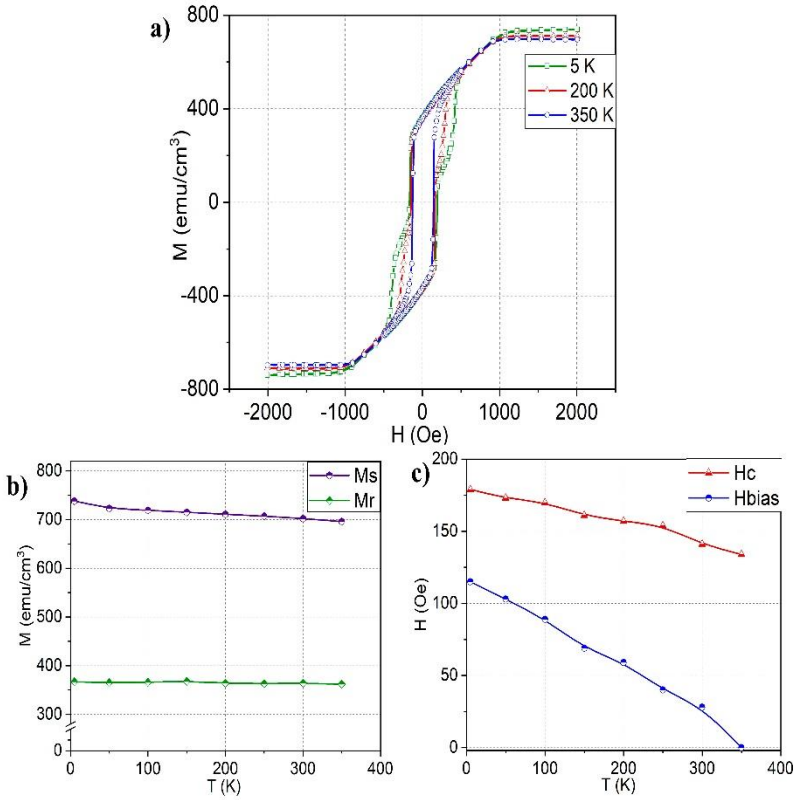


Fig. 1. Hysteresis loops at different temperatures (a) and the temperature dependences of the properties (b, c) of the $La_{18}Co_{82}$ film: Ms — saturation magnetization; Mr — remanent magnetization; H_c — coercivity field; H_{bias}– half-loop center bias field.

In work the analysis of the obtained experimental data is carried out using computer modeling. In particular, it is shown that low-temperature anomalies of hysteresis loops can be a consequence of amorphous-crystalline film inhomogeneity, leading to the coexistence of exchange-coupled ferromagnetic and antiferromagnetic phases that differ in the temperature behavior of the magnetic anisotropy parameters.

This work was supported by the Russian Science Foundation, project № 18-72-10044.

1. S. Mangin et al., Nature Materials 5, P.210–215 (2006).
2. E.Yu. Dengina et al. Book of Abstracts SCMP-2019. Russia, Ekaterninburg, P.56. (2019).

ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК GaN/Al_2O_3 МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО НАПЫЛЕНИЯ

Девицкий О.В.[1,2], Никулин Д.А.[2]

[1)] Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук
[2)] Северо-кавказский федеральный университет
E-mail: v2517@rambler.ru

PREPARATION OF THIN FILMS GaN / Al_2O_3 BY PULSED LASER DEPOSITION

Devitsky O.V.[1], Nikulin D.A.[2]
[1)] Federal Research Center The Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences
[2)] North Caucasus Federal University

Thin films GaN/Al_2O_3 were obtained by pulsed laser sputtering from a liquid gallium target in an atmosphere of argon and nitrogen. A certain dependence on the laser pulse energy on the phonon mode value E2(high) GaN and the arithmetic average roughness of the films.

Интерес к нитридам галлия и алюминия чрезвычайно возрос благодаря его уникальным свойствам, таким как: ширина запрещенной зоны, низкий коэффициент теплового расширения, высокая теплопроводность и химическая стабильность. Нитрид галлия (GaN) является перспективным материалом для создания новых устройств оптоэлектроники и СВЧ-электроники [1].

Наиболее популярными методами получения пленок GaN/Al_2O_3 являются молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ) и МОС-гидридная эпитаксия. Отдельно следует отметить метод импульсного лазерного напыления (ИЛН) [2], как один из перспективных методов получения тонких пленок GaN/Al_2O_3. Интерес к ИЛН был обусловлен, более низкой стоимостью экспериментов по сравнению с МОС-гидридной эпитаксией, быстрой скоростью роста по сравнению МЛЭ, сравнительно низкими температурами роста пленок и высокой степенью стехиометрического переноса материала мишени на подложку.

Импульсное лазерное напыление пленок GaN/Al_2O_3 происходило в атмосфере аргона и азота в объемном соотношении 20% и 80% соответственно. Давление азотно-аргоновой смеси составляло 0.5 Па, чистота используемых газов 99.999%. В качестве мишени использовался жидкий галлий чистотой 99.99%, помещенный в кварцевый тигель, который располагается в горизонтальной плоскости. Лазерный луч второй гармоники (532 нм) AYG:Nd^{3+}-лазера был фокусировался под углом 45◦ относительно поверхность расплава жидкой галлиевой мишени. Подложка Al_2O_3 с ориентацией (0001) располагалась выше мишени на расстоянии 10 см. Температура подложки во время напыления составляла 600◦C. Плотность

энергии лазерного импульса (флюенс) имел значения 0.75 и 1.25 Дж/см2 при длительности импульса в 15 нс, частота повторения импульсов равнялась 15 Гц.

На спектрах комбинационного рассеяния пленок GaN/Al_2O_3 отмечалась фононная мода E2(high) GaN при 564,9 cm−1 для значения флюенса 1.25 Дж/см2 и при 565,2 cm−1 для 0.75 Дж/см2. Смещение фононной моды E2(high) указывает на снижение величины механического напряжения в пленках полученных при более низком значении флюенса. Анализ результатов атомно-силовой микроскопии с использованием программного обеспечения NOVA NT-MDT позволил определить величину средней арифметической шероховатости поверхности Ra пленок GaN/Al_2O_3: для значений флюенса 0.75 и 1.25 Дж/см2 Ra составила 0.891 и 1.553 нм соответсвенно.

Таким образом показано, что снижение значения флюенса при импульсном лазерном напылении пленок GaN/Al_2O_3 улучшает их структурные свойства и значения средней арифметической шероховатости поверхности.

Публикация подготовлена в рамках государственных заданий Федерального исследовательского центра Южного научного центра РАН на 2020 г. (номер госрегистрации АААА-А19-119040390081-2)

1. Девицкий О.В., Никулин Д.А., Сысоев И.А., Осипян В.Б. Морфология и оптические свойства пленок AlN на сапфире // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 6. С. 1049–1057.
2. L.S. Lunin, M.L. Lunina, O.V. Devitsky, I.A. Sysoev Pulsed laser deposition of $Al_xGa_{1-x}As$ and GaP thin films onto Si substrates for photoelectric converters // Semiconductors. Volume 51, Issue 3, 2017. pp. 387–391.

ВЛИЯНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЁНОК DY

Девятериков Д. И.[1]

[1)] ИФМ УрО РАН
E-mail: devidor@yandex.ru

INFLUENCE OF THE CRYSTAL STRUCTURE ON THE MAGNETIC PROPERTIES OF DY

Devyaterikov D. I.[1]
[1)] IMP UB RAS

Four thin Dy films were grown on different surfaces and their structure investigated by means of XRD. The following analysis of magnetisation dependencies allowed to determine interconnection between structural and magnetic properties of the sample.

В редкоземельных металлах (от Gd до Tm), реализуются сложные типы магнитного упорядочения [1] и наблюдаются магнитные фазовые переходы в зависимости от температуры и магнитного поля. Магнетизм объемных редкоземельных металлов, сплавов и соединений на их основе сравнительно хорошо изучен [2], однако магнитные свойства эпитаксиальных редкоземельных пленок и планарных наноструктур остаются сравнительно малоисследованными. Задачей данного исследования было определение взаимосвязи особенностей кристаллической структуры плёнок Dy с их магнитными свойствами и сопоставление этих свойств с характеристиками объёмного Dy.

Плёнки Dy были синтезированы методом высоковакуумного магнетронного распыления на буферных слоях Nb и Ta и монокристаллических подложках Al2O3 с различными кристаллографическими ориентациями [3]. Анализ данных рентгеновской дифракции позволил определить текстуру слоёв диспрозия в образцах [рис. 1]. Была установлена взаимосвязь между степенью деформации решётки диспрозия и совершенством его структуры [рис. 2]. Магнитные измерения показали, что наблюдаемый в объёмном Dy фазовый переход, сопровождающийся искажением решётки, в тонких плёнках Dy подавлен, тогда как другие фазовые переходы остались [рис. 3]. Намагниченность насыщения всех образцов не превышает таковую для объёмного диспрозия. Была установлена зависимость температур Кюри и Нееля в поле 1 КОе от материала буферного слоя и кристаллографической ориентации материала подложки [рис. 4].

Исследование выполнено при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-32-50015. Синтез образцов, рентгеноструктурные и магнитометрические измерения были выполнены в центре коллективного пользования ИФМ УрО РАН.

1. Chernyshov, Alex and Tsokol, AO and Tishin, Alexander and Gschneidner, Jr and Pecharsky, V.. (2005). Magnetic and magnetocaloric properties and the magnetic phase diagram of single-crystal dysprosium. Phys. Rev. B. 71. 10.1103/PhysRevB.71.184410
2. Landolt-Börnstein / New Series/Condensed matter
3. Wildes, Andrew and Mayer, J. and Theis-Bröhl, Katharina. (2001). The growth and structure of epitaxial niobium on sapphire. Thin Solid Films. 401. 7-34. 10.1016/S0040-6090(01)01631-5

ТОЧЕЧНЫЕ ДЕФЕКТЫ МАРГАНЦА В НАНОКЕРАМИКЕ $MgAl_2O_4$

Киряков А.Н.[1], Зацепин А.Ф.[1], Дутов В.А.[1], Фокин А.В.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: silver.beats@yandex.ru

POINT MANGANESE DEFECTS IN $MgAl_2O_4$ NANOCERAMIC

Kiryakov A.N.[1], Zatsepin A.F.[1], Dutov V.A.[1], Fokin A.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The transparent nanoceramics of aluminum-magnesium spinel doped with a manganese were synthesized. Two nonequivalent states of impurity manganese characterized by a four and six-fold ligand environment were found. It was established that octahedral manganese is localized in a non-paramagnetic state.

Алюмомагниевая шпинель является перспективной матрицей, для её легирования различным типом люминесцентных ионов. Преимущество алюмомагниевой шпинели как сложного оксида перед простыми оксидами типа MgO или Al_2O_4 заключается в формировании сложной катионной подрешетки с двумя подрешетками, формирующими октаэдрическое и тетраэдрическое окружение катионов. В результате в шпинелях могут формироваться примесные дефекты одного и того же иона в разных структурных позициях.

Особенность нанокерамики заключается в формировании матрицы за счет плотной упаковки нанозерен, обладающих развитой морфологией, и как следствие значительной концентрацией поверхностных дефектов, модифицирующих энергетическую структуру примесей. Цель настоящей работы заключается в изучении структурно-оптических свойств нанокерамик $MgAl_2O_4$ легированных марганцем.

Синтез нанопорошка шпинели выполнен методом соосаждения из растворов. Концентрация примесного марганца составляет 0.05 и 0.0005 мол.%. Нанокерамики получены методом термобарического синтеза при давлении 4 ГПа,

температуре 600 °С и времени выдержки 10 мин. Спектры люминесценции сняты на спектрофлюорометре Horiba Fluorolog 3 с использованием SSD камеры synapse.

Закалка алюмомагниевой шпинели под давлением 4 ГПа приводит к распределению марганцевых дефектов по структурно-неэквивалентным позициям, а именно окта- и тетраэдрически ориентированным ионам марганца. На рисунке 1 показаны спектры фотолюминесценции и возбуждения примесного марганца в структуре нанокерамики.

В результате увеличения содержания примесного марганца в исходном нанопорошке наблюдается значительный рост люминесценции Mnocta относительно Mntetra. Такой эффект вызван ростом дефектов катионного замещения собственных катионов решетки (эффект катионного перемешивания) в результате закалки образцов после их термобарического синтеза. Возбуждение люминесценции на дефекте Mnocta показывает, что такие центры имеют как минимум 3 полосы с максимумами 2.7 эВ, 3.3 эВ, а также 4.3 эВ.

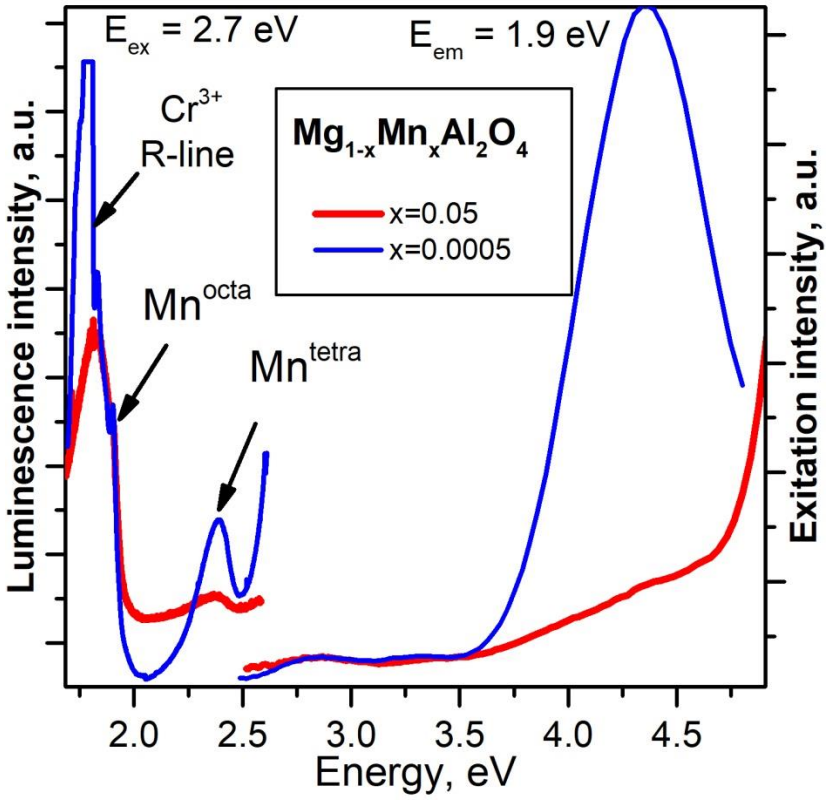


Рис. 1. Спектры фотолюминесценции и возбуждения оптических нанокерамик $Mg_{1-x}Mn_xAl_2O_4$ (x = 0.05; 0.0005)

Интересно, что в алюмомагниевой шпинели трехвалентные ионы переходных металлов зачастую имеют схожие диаграммы состояний в результате расщепления в ионных уровней. Наиболее изученные люминесцентные трехвалентные ионы, такие как Cr^{3+} и Ti^{3+} также демонстрируют широкие Tg подуровни в

результате расщепления основного F уровня. В нанокермиках алюмомагниевой шпинели, по всей видимости, наблюдается эффект стабилизации трехвалентного марганца (Mn^{3+}), спектры возбуждения которого демонстрируют характерные широкие полосы разрешенных и запрещенных Tg уровней.

Для подтверждения указанной гипотезы в настоящей работе была привлечена ЭПР спектроскопия. Ввиду того, что ион Mn^{2+} парамагнитен, был проведен комплекс работ по анализу ЭПР спектроскопии и фотолюминесцентных данных.

1. Hanamura E. et al. Optical properties of transition-metal doped spinels //Journal of Nonlinear Optical Physics and Materials. – 2003. – Т. 12. – №. 04. – С. 467-473

СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУЛЬФИДОВ ЖЕЛЕЗА МЕТЕОРИТА КАМПО-ДЕЛЬ-СЬЕЛО

Дюндик С.С. [1], Максимова Е.М. [1], Наухацкий И.А. [1],
Петрова Е.В.[2], Яковлев Г.А.[2]

[1)] Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: sgoncova@gmail.com

STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF IRON SULFIDES IN METEORITE CAMPO DEL CIELO

Dyundik S.S.[1], Maksimova E.M.[1], Nauhatsky I.A.[1],
Petrova E.V.[2], Yakovlev G.A.[2]

[1)] Crimean Federal University, Simferopol, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The troilite was found in the sample of Campo del Cielo meteorite. Its structural parameters and chemical composition were studied by X-ray diffraction, X-ray fluorescence analysis.

Железный метеорит Кампо-дель-Сьело классифицируется как грубоструктурный октаэдрит, относящийся к химической группе IAB. Впервые был найден в Аргентине в 1576 г. Считается, что химическая группа IAB была сформирована путем фракционной кристаллизации расплавов в родительских телах при неполной дифференциации исходного астероида, частичного плавления с последующими процессами смешивания, кристаллизации металлических расплавов с высокой концентрацией S или комбинацией нескольких процессов [1].

Исследования, проведенные на высокомощном настольном волнодисперсионном рентгеновском флуоресцентном спектрометре последовательного

действия Supermini200 (Rigaku, Япония), показали, что основу элементного состава метеорита составляют: Fe 88,5 wt.% и Ni 6,63 wt.%, формирующие минеральную матрицу - камасит. Присутствуют также Al - 1,45 wt.%; Si - 1.63 wt.%; Co, S, P, Cl, K - 1 wt. %, что характерно для химической группы IAB.

Минеральный состав железного метеорита Кампо-дель-Сьело был изучен методом рентгенофазового анализа с помощью рентгеновского дифрактометра Bruker D8 Advance. Основные фазы это – камасит α-Fe(Ni,Co), хромит $FeCr_2O_4$, троилит FeS, авгит $(Ca,Na)(Mg,Fe,Al)(Si,Al)_2O_6$, шрейберзит $(Fe,Ni)_3P$, энстатит $(Mg,Fe)_2Si_2O_6$.

Сульфид железа - троилит FeS, является типичным акцессорным минералом железных метеоритов. Представляет собой минерал гексагональной кристаллической системы ($P\bar{6}2c$).

Известно, что FeS может иметь дефицит катионов железа в своей кристаллической решетке, что приводит к искажению структуры и влияет на значения параметров элементарной ячейки.

Экспериментальные данные зависимости величины межплоскостного расстояния d_{114} от степени стехиометрии x для троилита $Fe_{1-x}S$ в диапазоне $0.004 \leq x \leq 0.143$ были получены в работах [2, 3]. Аналогично нами было рассчитано значение x=0.1241 для метеорита Кампо-дель-Сьело.

По минеральному составу этот метеорит близок к уинонаитам, что может указывать на образование их в одном родительском теле.

Авторы выражают благодарность Теребижу В.Ю. за предоставленный для исследования образец метеорита.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-35-50075 мол_нр, а также Акта 211 Правительства Российской Федерации, Соглашение № 02.A03.21.0006.

1. Goldstein J.I., Scott E.R.D., Chabot N.L., Chemie der Erde, 69, P. 293-325 (2009).
2. Kruse O., Am. Mineral., 75, 755-763 (1990).
3. Oshtrakh M.I., Klencs Z., Petrova E.V., Grokhovsky V.I., Chukin A.V., Shtoltz A.K., Maksimova A.A., Felner I., Kuzmann E., Homonnay Z., Semionkin V.A., Materials Chem. and Phys., 174, 100-111 (2016).

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОБАРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В СПЛАВАХ НА ОСНОВЕ Ni-Mn-In

Емельянова С.М.[1], Марченков В.В.[1, 2], Дьячкова Т.В.[3],
Тютюнник А.П.[3], Зайнулин Ю.Г.[3]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, 620108
г. Екатеринбург, С. Ковалевской, 18
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, 620002, г. Екатеринбург, Мира, 19
[3)] Институт химии твердого тела УрО РАН, 620990, г. Екатеринбург, Первомайская, 91
E-mail: emelyanova@imp.uran.ru

THE EFFECT OF THERMOBARIC TREATMENT ON THE MAGNETOCALORIC EFFECT IN ALLOYS BASED ON Ni-Mn-In

Emelyanova S.M.[1], Marchenkov V.V.[1, 2], Dyachkova T.V.[3],
Tyutyunnik A.P.[3], Zainulin Y.G.[3]

[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the UB of RAS, 620108,
Ekateriburg, S. Kovalevskaya, 18
[2)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 620002,
Ekateriburg, Mira, 19
[3)] Institute of Solid State Chemistry UB of RAS, 620990, Ekaterinburg, Pervomaiskaya, 91

In alloys $Ni_{47}Mn_{42}In_{11}$ and $Ni_{46}Mn_{43}In_{11}$ the TBT leads to a decrease in ΔS. For $Ni_{45}Mn_{44}In_{11}$ alloy the ΔS value before and after TBT practically did not change, but its maximum shifted along the temperature scale from 200 K to 300 K.

Повышенный интерес к материалам, обладающим большим магнитокалорическим эффектом (МКЭ), обусловлен, главным образом, возможностью их практического применения в качестве рабочего тела в магнитных рефрижераторах. Электрические и магнитные свойства сплава тесно связаны с состоянием его микроструктуры, изменить которое можно применением различных методов пластической деформации или термобарической обработки (ТБО) – обработки материалов в условиях высокой температуры (до 2000 K) и большого квазигидростатического давления (до 10 ГПа).

Объектами исследования в настоящей работе являются сплавы Гейслера $Ni_{47-x}Mn_{42+x}In_{11}$ (x = 0; 1; 2), поскольку в сплавах этой системы наблюдается достаточно большой МКЭ [1]. Целью данной работы было исследование влияния ТБО на их физические свойства: электросопротивление, намагниченность и магнитокалорический эффект.

Исследованные сплавы были приготовлены в дуговой печи в атмосфере аргона, полученные слитки отжигались при температуре 1100 K в течение 24 часов с последующим охлаждением с печью. Элементный анализ, проведенный с помощью сканирующего электронного микроскопа (Inspect F, FEI Company),

показал, что химический состав образцов с хорошей точностью соответствует заданному. Рентгеноструктурные исследования, выявили присутствие во всех образцах структуры L21. ТБО проводили на гидравлическом прессе ДО-137А со стандартной камерой высокого давления типа “тороид” при давлении P = 9 ГПа и температуре T = 1373 K. Измерения электросопротивления выполнялись стандартным четырехзондовым методом в интервале температур от 4.2 до 300 K. Намагниченность измерялась на СКВИД-магнетометре (MPMS XL7, Quantum Design) при температурах от 4.2 до 330 K в магнитных полях до 10 кЭ.

В результате проведенных исследований установлено, что применение ТБО существенно изменяет микроструктуру сплава, величину и вид температурных зависимостей электросопротивления. Так, для сплава $Ni_{45}Mn_{44}In_{11}$ значение электросопротивления возросло с 1.22 мОм·см до 6.6 мОм·см, а вид температурной зависимости изменился с «полупроводникового» на «металлический». Значение намагниченности насыщения при T = 4.2 K возросло с 41.6 эме/г до 60.6 эме/г, а коэрцитивная сила - с 250 Э до 600 Э. В сплавах $Ni_{47}Mn_{42}In_{11}$ и $Ni_{46}Mn_{43}In_{11}$ проведение ТБО приводит к снижению величины ΔS, однако при этом наблюдается расширение температурного интервала (до 50 K), в котором значение величины ΔS принимает максимальное значение. Для сплава $Ni_{45}Mn_{44}In_{11}$ величина ΔS до и после ТБО практически не изменилась ($\Delta S \approx 3{,}5$ Дж/(кг·K)), но произошло значительное смещение ее максимума по температурной шкале с 200 K до 300 K. Таким образом, термобарическую обработку можно рассматривать в качестве эффективного инструмента не только для изменения величины ΔS, но и для расширения температурного интервала, в котором данная величина принимает максимальное значение.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Спин», № АААА-А18-118020290104-2; тема «Новые функциональные материалы для перспективных технологий: синтез, свойства, спектроскопия и компьютерное моделирование», № АААА-А19-119031890025-9) при частичной поддержке РФФИ (проект № 18-02-00739).

1. A.K. Pathak, M. Khan et al. Applied Physics Letters Vol. 90, No. 26 (2007).

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ГИСТЕРЕЗИНЫЕ СВОЙСТВА ПЛЁНОК СИСТЕМЫ CO-W НА РАЗНЫХ ПОДЛОЖКАХ

Фещенко А.А.[1], Степанова Е.А.[1], Лепаловский В.Н.[1], Васьковский В.О.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: asynikname@mail.ru

EFFECT OF TEMPERATURE ON THE HYSTERESIS PROPERTIES OF CO-W FILMS ON DIFFERENT SUBSTRATES

Feshchenko A.A.[1], Stepanova E.A.[1], Lepalovskij V.N.[1], Vas'kovskiy V.O.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metal Physics, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

The results of an experimental study of the magnetic properties and crystal structure of the $Co_{100-x}W_x$ films ($x < 22$ at. %) sputtered on the glass substrates without and with Ru buffer layer in the temperature range of 5-350 K are presented.

Сплавы на основе Co, демонстрирующие высокие функциональные свойства в различных сферах применения магнитных материалов, традиционно являются предметом повышенного исследовательского интереса. В плёночных магнитных средах к числу указанных свойств, в частности, относится так называемая перпендикулярная магнитная анизотропия – необходимый атрибут материалов для перпендикулярной магнитной записи. Формирование перпендикулярной анизотропии является нетривиальной задачей, поскольку этому препятствует эффект анизотропии формы планарных объектов. Определённый потенциал в этом отношении демонстрируют плёнки системы Co-W [1]. Однако его более или менее успешная реализация требует расширения знаний о природе магнитной анизотропии в этом материале. Одним из способов получения соответствующей информации является изучение реакции свойств магнитоупорядоченных объектов на внешние воздействия. Данная работа посвящена следованию влияния температуры на параметры перемагничивания плёнок Co-W нескольких составов.

Исследовались пленки системы $Co_{100-x}W_x$ ($0 \le x \le 22$), полученные методом магнетронного сораспыления однокомпонентных мишеней Co и W на стеклянных подложках Corning. Плёнки осаждались непосредственно на поверхность стекла (образцы типа A) или подложки, покрытые буферным слоем Ru толщиной 5 нм (образцы типа B). Толщина слоёв $Co_{100-x}W_x$ составляла 40 нм. Измерение магнитных свойств проводились на установке MPMS XL-7 в интервале температур 5-350 К.

Известно [2], что введение W приводит к существенной модификации гистерезисных свойств плёнок Co, в том числе к образованию в области x~10 ат. %

так называемого закритического состояния, свидетельствующего о наличии перпендикулярной составляющей анизотропии. Указанному состоянию соответствует специфическая («скошенная») форма петли гистерезиса, измеренной в плоскости плёнки (рис.1,а). На рис.1,б показано температурное изменение параметров такой петли в образце $Co_{91,1}W_{8,9}$ типа А, в сравнении с аналогичными характеристиками плёнки чистого Co. Ход зависимостей Hc(T) и Mr/Ms(T) можно интерпретировать как отражение температурного изменения кристаллической магнитной анизотропии в поликристаллическом образце при наличии кристаллической текстуры. В работе проведён сопоставительный анализ структурного состояния и температурного изменения магнитных свойств плёнок разного состава, осажденных на различные подложки (образцы типов А и В), который подтверждает предположение о кристаллической природе перпендикулярной составляющей магнитной анизотропии.

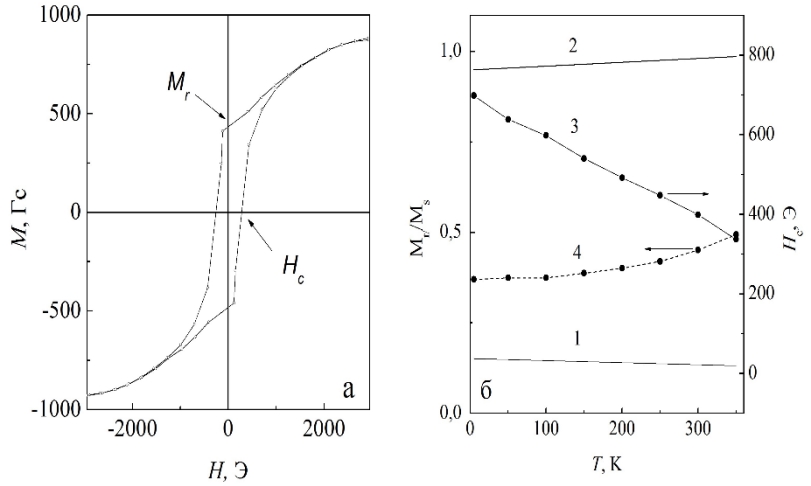


Рис. 1. Общий вид (а) и температурные зависимости параметров (б) петель гистерезиса плёнки Co91,1W8,9 типа А. Линии без выделенных точек отражают температурное изменение аналогичных характеристик плёнки Co: Hc(T) - линия 1; Mr/Ms(T) – линия 2.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 18-72-10044.

1. S. Q. Yin et al. AIP ADVANCES 4, 127156 (1-6), (2014).
2. V.N., Lepalovskij et.al. J. Phys.: Conf. Ser. V.1389.- 012126 (2019).

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМ СТРОНЦИЕВЫХ ПЕРОВСКИТОВ, ЛЕГИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОМ

Филатов Н.М.[1], Надольский А.Л.[1]
[1)] Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург 620002, Россия
E-mail: nmfilatow@yandex.ru

THE RESEARCH STUDY ON MAGNETIC AND ELECTRICAL PROPERTIES OF THE STRONTIC PEROVSKITE FERRUM ALLOYED SYSTEMS

Filatov N.M.[1], Nadolskiy A.L.[2]
[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg 620002, Russia

The article deals with examination of the properties of the platinum electrodes of Sr-Fe-Ti-O_2 system with circonic electrolytes. It includes the research of the samples' magnetic susceptibility and their electron conduction

В настоящее время всё большее внимание уделяется электрохимическим устройствам, работающим в различных интервалах температур и активностей кислорода: твердо-электролитным топливным элементам, кислородным датчикам и т.д. Применения таких устройств с электролитом на основе двуокиси циркония, сдерживаются недостаточной долговечностью платиновых (губчатая платина) электродов. Кроме этого, материал электрода должен, наравне с электронной проводимостью обладать высокой проницаемостью по кислороду.

Высказано предположение, что в качестве таких электродов возможно использовать соединения типа $SrTi_{1-x}Fe_xO_{3-\delta}$.

В соединениях типа $SrTi_{1-x}Fe_xO_{3-\delta}$ замещение атомов титана трёхвалентными атомами железа, должно приводить к возникновению ионной (кислородные вакансии) и электронной проводимости полупроводникового характера (P-типа).

В данной работе представлены результаты измерений температурных зависимостей электронной проводимости и магнитных свойств $SrTiO_3$ легированного железом, при разных концентрациях железа.

Показано, что электронная проводимость носит полупроводниковый характер. При этом энергия активации с увеличением содержания железа носит не монотонный характер, а имеет минимум при x=0.1. Одной из причин этого может быть зарождение (образование) других фаз, возможно состава Sr- Fe- O.

Измерение температурных зависимостей магнитной восприимчивости указывает на присутствие магнитоупорядоченных фаз во всем диапазоне легирования с температурой перехода магнитный порядок – беспорядок при T = 700K. Эффективный магнитный момент достигает величины 42 $\mu_Б$, что может быть причиной, по нашему мнению, неучтенного нами, процесса образования магнитных кластеров. На их образование указывает и присутствие остаточной намагниченности у всех образцов.

Из результатов измерений можно сделать предположение, что определенная часть ионов железа размещается в узловых позициях титана, что приводит к возникают кислородные вакансии и увеличению ионной и электронной проводимости.

Однако, на основании присутствия магнитоупорядоченных фаз можно предположить, что часть ионов железа входит в состав отдельной магнитной фазы или нескольких фаз. Вероятно, в соединения типа Sr-Fe-O.

1. E. Chinarro, J. R. Jurado, F. M. Figueiredo, J. R. Frade. Bulk and grain boundary conductivity of Ca0.97Ti1-xFexO3-δ materials. Solid State Ionics 160 (2003) p.161-168
2. Филинкова М.С., Надольский А.Л. Измерение электронной проводимости фаз системы кальций-титан-железо-кислород, IV Международная молодежная научная конференция. Физика. Технологии. Инновации., 2017, с. 196-197
3. Huiming Deng, Minyau Zhou, Benjamin Abeles. Transport in solid oxide electrodes: Effect of gas diffusion, Solid State Ionics, vol № 80, 1995, p. 213-222
4. Л. А. Дунюшкина, В. Г. Горбунов. Влияние кристаллической структуры на электрические свойства CaTi1-xFexO3-δ, Неорганические материалы, 2001, том 37, № 11, с. 1364- 1369
5. M. Shcmidt, S.J. Campbell. Crystal and Magnetic Structures of SR2FE2O5 at Elevated Temperature, Journal of Solid State Chemistry, 2001, vol. 156, p. 292-304

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНОЙ СТРУКТУРЫ $[ZnO/C]_{25}$

Фошин В.А.[1], Панков С.Ю.[1], Каширин М.А.[1], Макагонов В.А.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
E-mail: vadim.foshin@yandex.ru

THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON ELECTRICAL PROPERTIES OF THE MULTILAYER STRUCTURE $[ZnO/C]_{25}$

Foshin V.A.[1], Pankov S.Yu.[1], Kashirin M.A.[1], Makagonov V.A.[1]
[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

The magnetoresistance of $[ZnO/C]_{25}$ multilayer thin films prepared by ion-beam sputtering has been investigated. A decrease in the magnetoresistance with an increase in the annealing temperature was detected, which is associated with a change in the mechanism of electric transport.

Тонкие пленки оксида цинка ZnO, легированные углеродом, являются перспективными разбавленными магнитными полупроводниками [1]. Однако, под вопросом остается стабильность свойств таких материалов под воздействием внешних факторов. Поэтому целью данной работы было исследование влияние

термической обработки в вакууме не хуже 10-2Торр при температурах 200, 300 и 400 °С на электрические свойства многослойной системы на основе оксида цинка ZnO, полученной методом ионно-лучевого напыления. Многослойная структура формировалась путём поочередного осаждения слоев ZnO и С. Количество бислоев ZnO/C равно 25, общая толщина плёнки 140-170 нм.

Ранее нами было установлено, что в исходных образцах системы [ZnO/C]25 существует зависимость электрического сопротивления от напряженности магнитного поля [2] как при температуре 77 К, так и при 300 К. После проведения термообработки, отрицательная зависимость магнитосопротивления при 77 и 300 К для отожжённых при температурах 200°С и 300°С образцов (см. рис.) снижается, а после термообработки при 400°С зависимость R(H) отсутствует при 77 К, что связывается со сменой механизма проводимости и переходом от слабой к сильной локализации носителей заряда. При этом стоит заметить, что при комнатной температуре зависимость электрического сопротивления от магнитного поля сохраняется.

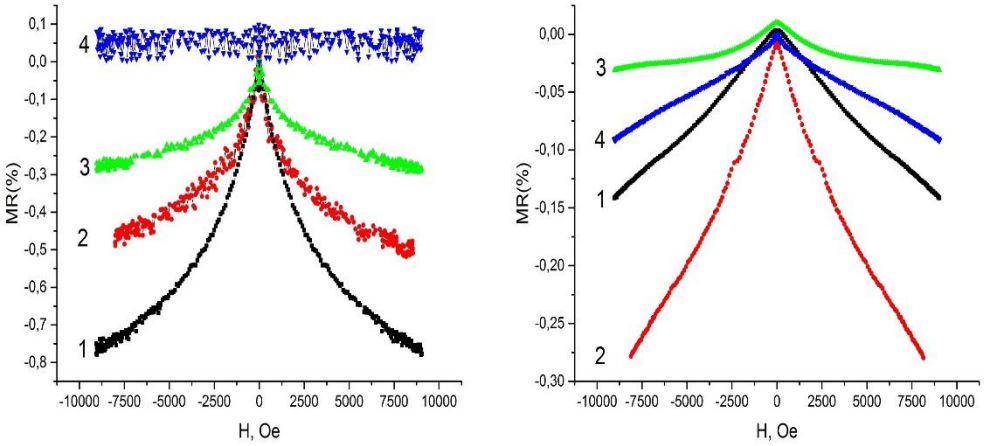


Рис. 1. Зависимости магнитосопротивления образцов системы [ZnO/C]25 от напряженности магнитного поля, измеренные при 77 К (а) и при 300 К (б). 1 – исходный; 2 – отжиг при 200 °С; 3 – отжиг при 300 °С; 4 – отжиг при 400 °С.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект 19-48-360010).

1. Herng T.S., Lau S.P.et al., Appl. Phys. Lett., 95, 012505 (2009).
2. Магнитосопротивление многослойных тонкопленочных структур [ZnO/C]25 / М.А. Каширин, В.А. Макагонов, С.Ю. Панков, В.А. Фошин // Сборник трудов VI Международной молодежной научной конференции: «Физика. Технологии. Инновации» ФТИ-2019. – Екатеринбург: УрФУ, 2019. – С.133-134.

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА AB_2O_4 (A^{2+}: Mg, Zn; B^{3+}: Al, Ga) ШПИНЕЛЕЙ

Гаев С.С.[1], Киряков А.Н.[1], Зацепин А.Ф.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: stas.gaev.98@bk.ru

OPTICAL PROPERTIES OF AB_2O_4 (A^{2+}: Mg, Zn; B^{3+}: Al, Ga) SPINELS

Gaev S.S.[1], Kiryakov A.N.[1], Zatsepin A.F.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The diffuse reflection and luminescence spectra of AB_2O_4 materials (A^{2+}: Mg, Zn; B^{3+}: Al, Ga) obtained by the sol–gel method was studied. The dependence of the luminescent characteristics of trace impurities (Cr^{3+}, Mn^{2+}) on the type of matrix and the presence of cationic mixing was established.

Шпинели обладают привлекательными оптическими, электронными и магнитными свойствами ввиду чего широко применяются, в качестве катализаторов, функциональных керамик, магнитных материалов, матриц для их легирования различными 3*d* и 4*f* элементами и т.д. Химическая формула AB_2O_4, где A и B – двухвалентный и трехвалентный катионы соответственно.

Наличие неэквивалентных катионных позиций в шпинели, а также близких по значению ионных радиусов разных сортов катионов стимулирует эффект катионного перемешивания, суть которого заключается в изовалентном замещении катионов A^{2+} на B^{3+} и наоборот. Комбинация различных факторов ведет к тому, что распределение катионов по позициям может быть «нормальное», где катионы A и B занимают преимущественно тетраэдрические и октаэдрические позиции соответственно, а также «обратное», когда ионы A расположены в октаэдрических узлах, а половина ионов B выталкивается в тетраэдрические узлы. Существует также промежуточное состояния, при котором осуществляется лишь частичное катионное перемешивание [1].

Эффект катионного перемешивания ведет к модификации оптических свойств таких как величина запрещенной зоны E_g, формирование собственных оптически-активных центров, а также энергетической структуры примесных центров. Несмотря на это в литературе отсутствует сравнительный анализ оптический свойств различных шпинелей, полученных одним методом.

В связи с этим целью работы является сравнительный анализ оптических свойств нанопорошков шпинелей – AB_2O_4 (A^{2+}: Mg, Zn; B^{3+}: Al, Ga).

На рисунке 1 представлены спектры диффузного отражения $MgAl_2O_4$, $ZnAl_2O_4$, $MgGa_2O_4$ и $ZnGa_2O_4$ шпинелей. Край фундаментального поглощения шпинелей, с Al^{3+} катионом располагается в ВУФ области, ввиду чего его регистрация в исследуемом диапазоне энергий не представляется возможной. Для

$MgGa_2O_4$ и $ZnGa_2O_4$ при энергии больше 4 эВ поглощение связано с межзонными переходами. Падение поглощения в диапазоне от 3-4 эВ обусловлено присутствием полосы зарядового переноса энергии на собственные и примесные центры свечения.

Из полученных выше спектров были определены энергетические щели для прямых переходов $MgGa_2O_4$ и $ZnGa_2O_4$ шпинелей 4,84 эВ и 4,44 эВ соответственно, что согласуется с литературными данными [2].

В спектрах оптического поглощения исследуемых шпинелей кроме примесного Cr^{3+} регистрируются полосы, характерные для примесного Mn^{2+} в окта- и тетра- позициях. Присутствие данных примесей обусловлено чистотой прекурсоров, используемых для синтеза нанопорошков (нитраты марки ХЧ). Характерные смещения полос $^4T_{1g}$ и $^4T_{2g}$ в спектрах возбуждения Cr^{3+} различных шпинелей свидетельствует об искажении симметрии решетки в результате изменения длины Cr-O связи.

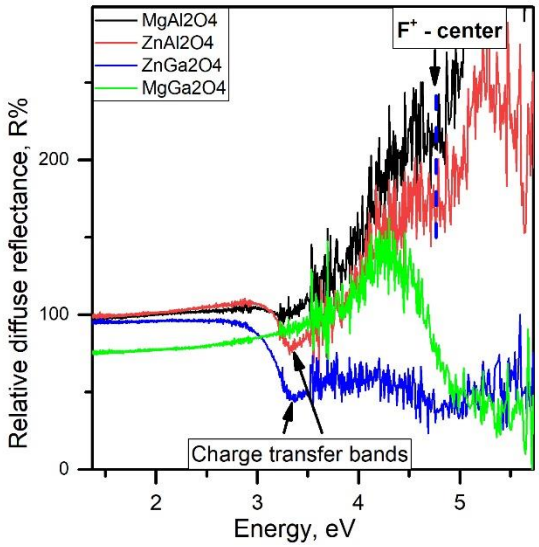


Рис. 1. Спектры диффузного отражения $MgAl_2O_4$, $ZnAl_2O_4$, $MgGa_2O_4$ и $ZnGa_2O_4$ шпинелей

1. Будников П. П, Кербе Ф. Г. Природа, №2, с. 72 (1965).
2. Safeera T. A. et al. Materials Science and Engineering: C. 94, 1037-1043 (2019).

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАНОПРОВОДОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ДВУХМЕРНОГО ГЕКСАГОНАЛЬНОГО НИТРИДА БОРА

Галоян Д.М.[1], Назаренко А.К.[2], Борознина Е.В.[3]

[1)] Национальный Исследовательский Технологический Университет «МИСиС», г. Москва, Россия
[2)] Российский Химико-Технологический Университет имени Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия
[3)] Волгоградский Государственный Университет, г. Волгоград, Россия
E-mail: galoyandavid8@gmail.com

THE NANOWIRE MODELING ON THE TWO-DIMENSIONAL HEXOGONAL BORON NITRIDE SURFACE

Galoyan D.M.[1], Nazarenko A.K.[2], Boroznina E.V.[3]

[1)] National University of Science and Technology“MISIS”,Moscow, Russia
[2)] D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia
[3)] Volgograd State University, Volgograd, Russia

In this paper, we have studied the possibility of nanowire creation based on the two-dimensional hexagonal boron-nitride (h-BNS) surface. We have calculated adsorption characteristics of alkaline metal atoms on the h-BNS, and have found the most stable variant of atomic alkaline metal chain.

После успешного синтеза двумерного слоя гексагонального нитрида бора (h-BNS), интерес со стороны ученых к нему стремительно возрос [1]. Ожидается, что двумерные материалы являются перспективными в наноэлектронике нового поколения.

В работе было проведено исследование создания нанопроводов на поверхности h-BN. Длины связей BN составляли 1.4 Å. Расчеты выполнялись полуэмпирическим методом MNDO [2], который подходит для расчета подобных структур. Для моделирования нанопроводов были выбраны металлы – литий и натрий, имея один валентный электрон, адсорбция этих атомов на экстремальной поверхности двумерного кристалла возможна.

Атомы лития и натрия пошагово приближались к поверхностным атомам B и N слоя h-BNS. В результате проведенных расчетов были получены профили поверхности потенциальной энергии процессов присоединения. В случае приближения атома Li к N было выявлено возникновение хемосорбции атома Li. В остальных случаях, а именно в случае приближения атома Li к B и приближения атома Na к B и N на кривых энергии атомарный радиус был велик, вследствие чего факт адсорбции отсутствовал, и дальнейшие исследования проводились на базе атома Li.

Далее было проведено исследование присоединения второго атома Li к кластеру BN+Li. Центром приближения был атом азота. Расстояние между атомами N составляло 2.42 Å (рис. 1 а).

Анализ кривой присоединения второго атома выявил, что устойчивым положением для второго атома является положение на расстояние 4.6 Å от атома азота, при этом длина связи Li1-Li2 составила 3.55 Å. Аналогичным способом приближались третий и четвертый атомы лития (рис.1 б).

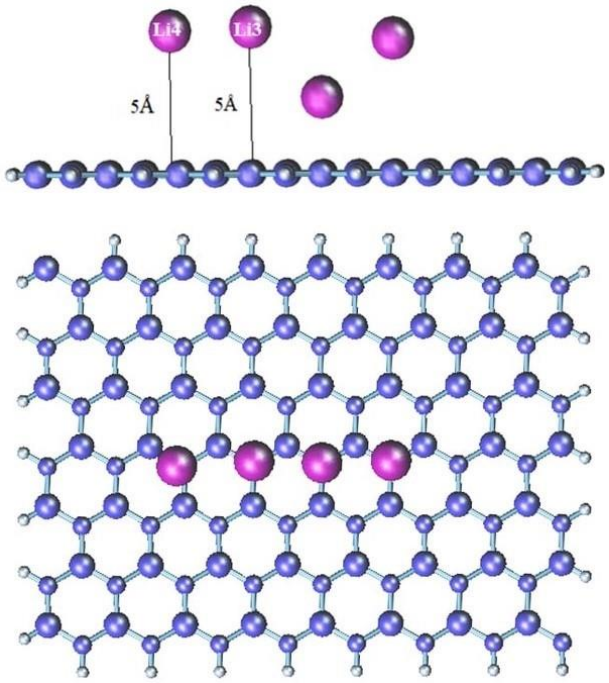


Рис. 1. Приближение атома лития катому азота слоя BN.

Оказалось, что оптимальные расстояния атомов 2-4 с учетом погрешности совпадают и составляют порядка 5 Å. После проведения полной оптимизации геометрии комплекса оказалось, что группе атомов лития энергетически выгоднее располагаться не в цепочке.

1. Павлов П.В.Физика твердого тела.Учеб. – 3-е изд. / П.В.Павлов, А.Ф. Хохлов– М.: Высшая школа,2000. – 494 с.
2. Dewar, W.T. Ground states of molecules.The MNDO method. Approximations and parameters./ W.T. Dewar // J. Am. Chem. Soc. – 2016. – № 99. – Vol. 15. – P. 4899 – 4907.

MAGNETIC PROPERTIES OF ORDERED FeCo ALLOY

Gerasimov A.[1], Kvashnin Y.O.[2], Nordström L.[2], Mazurenko V.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Uppsala University, Uppsala, Sweden
E-mail: arseniigerasimov@gmail.com

In this work we investigate theoretically the behaviour of the magnetic moments of iron and cobalt in their B2-ordered alloy. Our results predict the existence of a robust local magnetic moment on cobalt in the paramagnetic state and a reasonable estimate of the T_C.

Combination of density functional theory combined and dynamical mean field theory (DFT+DMFT) [1] is a powerful approach for simulating physical properties of strongly correlated materials. There are different numerical implementations of the DFT+DMFT approach, but in this work we propose a distinct one based on the combination of the full-potential Elk [2] package for electronic structure calculations and Wannier90 package for constructing the maximally localized Wannier functions [3]. In turn, the DMFT problem in our approach is solved within the AMULET [4] toolbox.

Using the developed numerical scheme, we have studied the magnetic state in the B2 FeCo alloy at different temperatures. For the lowest temperature in our LDA+DMFT calculations at T=1000 K it was found that magnetic moments are stabilized at 2.23 μ_B on iron atoms and 1.67 μ_B on cobalt atoms. These values are in good agreement with previous theoretical and experimental studies [5]. One other important result is the temperature dependence of magnetic moments in the range from 1000 K to 2200 K (see at Fig. 1). We observe a critical temperature of 2023 K that can be associated with the Curie temperature. The overestimation of the experimental value by 30% can be explained by the density-density form of the Coulomb interaction U in DMFT approach breaking the rotational invariance of the system.

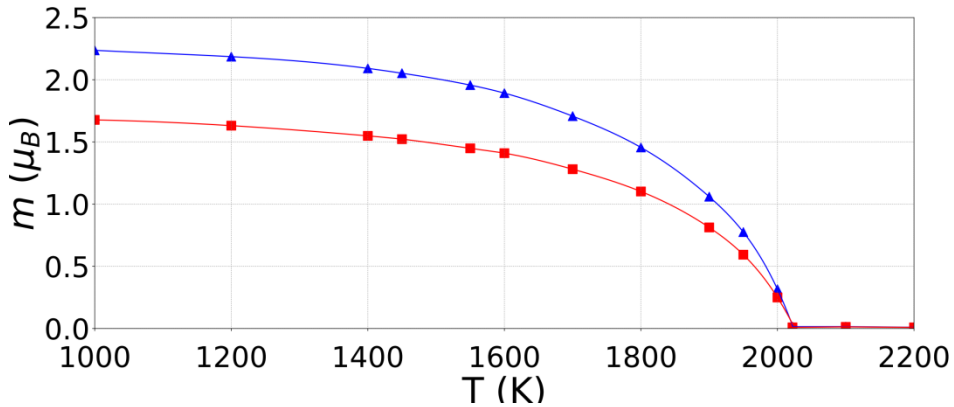


Рис. 1. Magnetic moments on Fe (blue) and Co (red) atoms in B2 FeCo alloy with respect to the temperature.

Arsenii Gerasimov acknowledges EUSpec COST Action and the Competitiveness Enhancement Program - CEP 3.1.1.2.Г- 17.

1. G. Kotliar, S. Y. Savrasov Rev Mod Phys 2006; 78:865
2. elk.sourceforge.net

3. A. A. Mostofi, J. R. Yates Comput Phys Commun 2014; 185:2309
4. amulet-code.org
5. T. Burkert, L. Nordström, O. Eriksson, and O. Heinonen, Phys. Rev. Lett. 93, 027203 (2004)

STUDY OF THE ELECTRIC FIELD-INDUCED DOMAIN STRUCTURE TRANSFORMATION IN $BaTiO_3$ CERAMICS BY HIGH RESOLUTION METHODS

Gimadeeva L.V. [1], Alikin D.O.[1], Abramov A.S.[1], Chezganov D.S. [1], Hu Q. [2], Wei X. [2], Shur V.Ya.[1], Turygin A.P.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Xi'an Jiaotong University, Xi'an, China
E-mail: Lv.gimadeeva@ufru.ru

The domain structure of barium titanate ceramics was studied by the combination of backscattered scanning electron microscopy and vector piezoresponse force microscopy. Features of initial domain structure and its transformation under the action of uniform electric field are discussed.

Ferroelectric properties of polycrystalline materials significantly depend on their local microstructure [1, 2]. Pezoelectric performance in ferroelectrics is determined predominantly by extrinsic mechanisms with dominating contributions of reversible and irreversible domain wall motion [3, 4]. Though, evolution of domain structure is well studied in single crystals, in polycrystalline ferroelectric materials, such as ferroelectric ceramics, it is still insufficiently understood. Studies of the domain structure and polarization changes in electric field by high resolution techniques is important to get further insight into ferroelectric properties and piezoelectric performance of polycrystalline ferroelectrics.

Ferroelectric $BaTiO_3$ (BTO) ceramics is classical ceramics with well-known crystal structure and macroscopic properties and widely used for capacitors, resistors with positive temperature coefficient, ultrasonic transducers, and piezoelectric devices [5]. Large polarizations values and simple domain structure with only two possible domain wall types: 180-degree (ferroelectric) and 90-degree (ferroelastic), allows considering BTO as a model multiaxial ferroelectric for the studying the domain structure and its evolution in electric field by piezoresponse force microscopy (PFM) and complementary methods [5].

Initial domain structure represents banded twin structure with ferroelastic and ferroelectric domain wall inside [6]. High resolution imaging inside bands reveals structures that could be attributed to: (1) herringbon, (2) zigzag, and (3) watermarks domain patterns [4]. The herringbone pattern was the most typical. PFM displacement vector in such domains changes its direction to approximately 90° angle, which indicates to 90° domain walls. Watermark areas representing confined regions with stack of

lamellar domains and irregular shape 180° domain boundary were found to be localized inside bands.

Three different types of domains continuity through the boundaries of neighboring grains was revealed: (1) domains are completely coincident at the positions of grain boundaries, (2) domain walls inside bands buckle at the position of grain boundary, sometimes with formation of the nanoscale domains in a place of buckling, (3) domain walls inside bands crossing grain boundary are not coincident. For (1) and (2) types components of polarization vector has similar amplitude, which is consistent with theory [7].

Distribution of the piezoresponse across the scan changed significantly after application of the field pulse. Rearrangement of the domain structure happens mostly inside bands, while their position and orientation often conserve. Such a behavior indicates the collective domain dynamics that is often observed in thin films [8, 9]. Collective domain dynamics in polycrystalline ferroelectrics is expected to seriously impact onto overall piezoelectric performance of the materials and thus important for development electro-mechanical devices.

The research was made possible by President of Russian Federation grant for young scientists (MK-3653.2019.2). The equipment of the Ural Center for Shared Use "Modern Nanotechnology" Ural Federal University was used.

1. Z. Zhao et al., Phys. Rev. B - Condens. Matter Mater. Phys. 70, 1-8 (2004).
2. C.A. Randall, N. Kim, J.-P. Kucera et al., J. Am. Ceram. Soc. 81, 677-688 (2005).
3. G. Arlt, Ferroelectrics 76, 451-458 (1987).
4. S. Wada, K. Yako, H. Kakemoto et al., J. Appl. Phys. 98, 014109 (2005).
5. G.H. Haertling, J. Am. Ceram. Soc. 82, 797-818 (1999).

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК GdCo-Al_2O_3

Горьковенко А.Н.[1], Лепаловский В.Н.[1], Васьковский В.О.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: a.n.gorkovenko@urfu.ru

EFFECT OF TEMPERATURE ON THE MAGNETIC PROPERTIES OF GdCo-Al_2O_3 FILMS

Gorkovenko A.N.[1], Lepalovskij V.N. [1], Vas'kovskiy V.O.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metal Physics, Yekaterinburg, Russia

This work is devoted to studying the possibilities of obtaining and studying the effect of temperature on the magnetic properties of composite films based on the Gd-Co ferrimagnetic system and Al_2O_3 dielectric.

Одним из актуальных направлений исследований в физике магнитных материалов последних лет являются так называемые гранулированные среды. Они представляют собой разновидность композитов на основе магнитных частиц (гранул) нанометрового масштаба, которые зафиксированы в немагнитной матрице. Подавляющие число работ в этой области посвящено пленкам, в которых в качестве металлической фазы выступают ферромагнитные металлы и сплавы группы железа [1, 2]. Однако более богатыми по набору и возможностям варьирования магнитных свойств представляются плёнки с гранулами, содержащими редкоземельные элементы. Данная работа посвящена изучению возможностей получения и исследованию влияния температуры на магнитные свойства гранулированных пленок на основе ферримагнитной системы Gd-Co и диэлектрика Al_2O_3.

В работе исследовались плёнки $(Gd_yCo_{100-y})_x(Al_2O_3)_{100-x}$ толщиной 100 нм (переменная x в структурной формуле отражает объёмную долю металлической фазы). Для получения плёночных образцов использовался метод магнетронного сораспыления мишеней Gd, Co и Al_2O_3 на установке Orion-8 в атмосфере Ar. Пленки осаждались на стеклянные подложки Corning, покрытые буферным слоем Ta толщиной 5 нм. Также они покрывались сверху защитным слоем Ta аналогичной толщины. Состав получаемых пленок варьировался путем изменения мощности, подводимой к соответствующим мишеням. Измерение магнитных свойств проводилось при помощи PPMS DynaCool в диапазоне температур от 5 до 300 К.

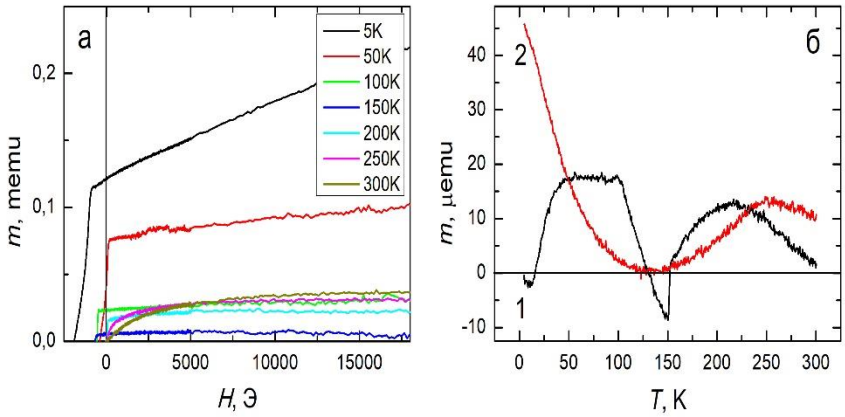


Рис. 1. (а): кривые размагничивания пленки $(Gd_{44}Co_{56})_{66}(Al_2O_3)_{34}$, измеренные перпендикулярно ее плоскости при разных температурах; (б): Температурные зависимости магнитного момента, измеренные перпендикулярно (кривая 1) и в плоскости (кривая 2) образца. Поле во время измерений составляло 500 Э.

На рисунке 1(а) представлены кривые размагничивания пленки $(Gd_{44}Co_{56})_{66}(Al_2O_3)_{34}$, измеренные перпендикулярно плоскости образца при разных температурах. Видно, что с увеличением температуры амплитуда магнитного момента и величина коэрцитивной силы изменяются немонотонным образом. Данный факт является следствием ферримагнитного упорядочения в исследуемой пленке, на что также указывают температурные зависимости магнитного момента, представленные на рисунке 1 (б), измеренные во внешнем магнитном поле напряженностью 500 Э перпендикулярно (кривая 1) и в плоскости (кривая 2) образца. Анализ полученных данных указывает, что исследуемая пленка обладает температурой компенсации около 130 К. Сравнивая полученное значение с температурами компенсаций в системе Gd-Co [3] было обнаружено, что она соответствует пленке с концентрацией Gd ~ 18%. Исходя из этого можно сделать вывод, что в процессе напыления пленок $GdCo\text{-}Al_2O_3$ некоторая часть Gd окисляется.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 18-72-10044.

1. Denisova E. A., Komogortsev S. V., Iskhakov R. S., Chekanova L. A., Balaev A. D., Kalinin Y. E. Sitnikov A. V. JMMM, 440, 221–4 (2017)
2. Fedotova J., Kasiuk J., Przewoznik J., Kapusta Cz., Svito I., Kalinin Yu. and Sitnikov A. J ALLOY COMPD, 509, 9869–75 (2011)
3. Vas'kovskii V.O., Gorkovenko, A.N., Adanakova O.A., Svalov A.V., Kulesh N.A., Stepanova E.A., Kudyukov E.V., Lepalovskii V.N. Physics of Metals and Metallography, 120, 1055-1062 (2019)

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АТТОСЕКУНДНОГО ИМПУЛЬСА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ С АТОМАРНЫМИ И МОЛЕКУЛЯРНЫМИ АНИОНАМИ

Гошев А.А.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В.Ломоносова
E-mail: aagoshev@gmail.com

INTERACTION OF THE ATTOSECOND PULSE OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD WITH ATOMIC ANIONS

Goshev A.A.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University

Using the sudden disturbance approximation, we have obtained expressions for calculating the scattering spectra of an attosecond pulse on atomic anions, taking into account the magnetic component of the electromagnetic field.

Обычно, при рассеянии ультракоротких импульсов (УКИ) электромагнитного поля на различных системах, не учитывают магнитную составляющую в спектре рассеяния. Действительно, это очень сложно сделать из-за сложность теоретического описания процесса рассеяния на молекулярных системах [1]. Известно, что различные нелинейные эффекты начинают проявлять себя при высоких интенсивностях электромагнитного поля, что также усложняет описание рассеяния таких импульсов. Более того, если увеличивать интенсивность импульса, необходимо учитывать магнитную составляющую электромагнитного поля, что приводит к чрезвычайно сложному описанию процессов рассеяния даже при использовании мощных вычислительных машин.

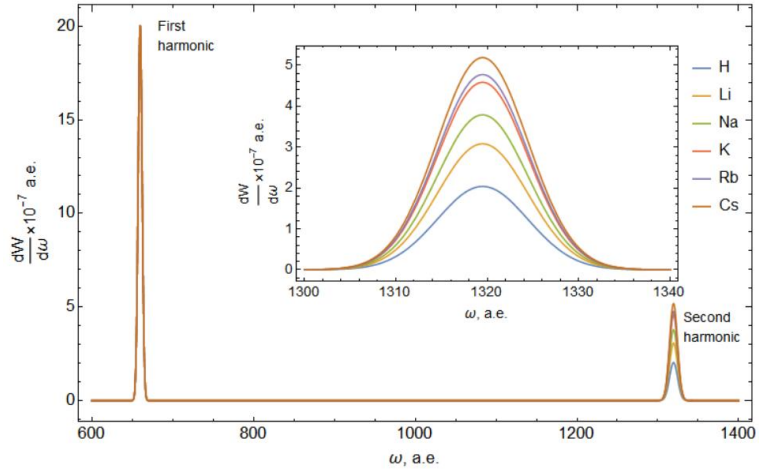


Рис. 1. Спектральная плотность излучения атомарных анионов. Вставка - увеличенная вторая гармоника.

В работе [2] была найдена, в аналитическом виде, волновая функция связанного электрона (например, электрон в атоме или в молекуле и др.) в поле аттосекундного импульса с учётом его магнитной составляющей. Это решение было получено в приближении внезапных возмущений в общем виде, что позволяет его применять для любых рассматриваемых систем. Например, в работе [3] было показано, что учёт магнитной составляющей аттосекундного импульса может влиять на вероятности неупругих процессов и на процессы рассеяние аттосекундного импульса. В работе [4] было показано, что в целом, по спектрам рассеянии аттосекундного импульса э/м поля можно судить о ориентационных эффектах атомарных и молекулярных анионов. Следует добавить, что более полное описание рассеяния аттосекундного импульса на атомарных молекулярных анионах возможно только с учётом его магнитной составляющей, что, конечно, приведёт к новым результатам для спектров рассеяния. Нами было получены выражения для расчётов спектров рассеяния аттосекундного импульса, на атомарных и молекулярных анионах, с учётом магнитной составляющей электромагнитного поля. Было показано, что при использовании аттосекундного импульса электромагнитного поля гауссовой формы, возможна генерация второй гармоники (Рис. 1) при взаимодействии такого импульса с рассматриваемой системой. Также установлено, что спектры рассеяния зависят от ориентации молекулярного аниона в пространстве, что даёт возможность определять его ориентацию. Полученные выражения имеют аналитический вид, что даёт возможность провести наиболее полный анализ рассматриваемой системы.

1. Krausz F., Ivanov M. Attosecond physics. Rev. Mod. Phys. 81 163 (2009).
2. Д. Н. Макаров, В. И. Матвеев, Аналитическое решение уравнения Шредингера в приближении внезапных возмущений атома электромагнитными импульсами аттосекундной и меньшей длительности // 2016, Письма в ЖЭТФ, Т. 103(6), стр. 464-468.
3. Д. Н. Макаров, В. И. Матвеев, Неупругие процессы и переизлучение импульсов электромагнитного поля аттосекундной и меньшей длительности при взаимодействии с атомом // 2016, Письма в ЖЭТФ, Т. 103(12), стр. 851-856.
4. М. К. Есеев, В. И. Матвеев, В. М. Юлкова, Перерассеяние ультракороткого импульса на атомарных и молекулярных анионах в модели потенциалов нулевого радиуса // 2011, Оптика и спектроскопия, Т. 111(3), стр. 360-363.

THE MORPHOLOGY OF CHARGED DOMAIN WALLS IN LITHIUM TANTALATE WITH COMPOSITIONAL GRADIENTS

Greshnyakov E.D.[1], Lisjikh B.I.[1], Pryakhina V.I.[1],
Nebogatikov M.S.[1], Shur V.Ya.[1]

[1)] School of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University,
Yekaterinburg, Russia
E-mail: evgeny.greshnyakov@urfu.ru

The morphology of a single charged domain walls appeared in lithium tantalate under the action of composition gradients along polar axis was observed in detail by Cherenkov-type second harmonic generation microscopy and confocal Raman microscopy.

Lithium tantalate ($LiTaO_3$, LT) single crystals grown by Czochralski method have Li-deficient congruent composition (CLT) with 1.5 mol.% deviation from stoichiometry (ΔcLi). Vapor transport equilibration (VTE) procedure is post-grown methods to obtain stoichiometric composition (SLT) [1]. The influence of composition gradients on the morphology of a single charged domain walls (CDWs) in Z-cut plates of LT have been studied.

The VTE procedure with reduced annealing time was used to obtain composition gradients from polar surfaces to the crystal bulk. Single-domain 0.5-mm-thick Z-cut plates of CLT were annealed at 1100-1300 °C (far above Curie temperature) in a ceramic crucible with Li-rich atmosphere (60 mol.% $Li2CO_3$ + 40 mol.% Ta_2O_5). Spatial distribution of Li along polar axis was measured by confocal Raman microscope Alpha 300 AR (Witec, Germany) [2].

The CDWs were visualized at the Y-cut cross-section using optical microscope BX61 (Olympus, Japan) after selective chemical etching in HF and in the bulk by Cherenkov-type second harmonic generation microscopy (CSHG) [3] using Ntegra Spectra (NT-MDT, Russia) with Yb fiber laser (1064 nm, 40 mW) and confocal Raman microscopy [4].

The single CDW formed in the bulk where sign of gradient (dcLi/dz) changed and had the irregular wavy shape with thickness about 70 μm. The CDW had a complex morphology with elongated narrow bumps which grew in polar direction. Some of bumps reached the polar surfaces and formed narrow isolated domains. Two types of domains have been separated: (1) non-through domains with submicron diameter and maximum length about 100 μm located in the vicinity of charged domain wall, and (2) through domains with diameter below 5 μm reaching the polar surface. The total area of submicron non-through domains was negligible compared with through domains, which diameter enlarged after achieving polar surface. The narrow domains appeared during subsequent cooling under the action of the pyroelectric field [5].

The equipment of Ural Center for Shared Use "Modern Nanotechnology" Ural Federal University was used. The reported study was funded by RFBR, project number 19-32-90050.

1. Hum D. S., et al. J. Appl. Phys., 101 093108 (2007).

2. Kostritskii S. M., et al. Appl. Phys. B, 95 125-30 (2009).
3. Sheng Y., et al. Opt. Express, 18 16539 (2010).
4. Shur V. Ya., et al. J. Appl. Phys., 110 052013 (2011).
5. Pryakhina V. I. et al. Ferroelectrics 542 13 (2019).

ADIABATIC POTENTIAL ENERGY SURFACE OF THE JAHN-TELLER COMPLEXES IN $SrF_2:Cr^{2+}$ CRYSTAL

Hosseny W.A.L.[1, 2], Sarychev M.N.[1], Bondarevskaya A.S.[1], Shakurov G.S.[3], Ulanov V.A.[4], Surikov V.T.[5], Zhevstovskikh I.V.[1, 6], Averkiev N.S.[7], Gudkov V.V.[1]

[1)] Institute of Physics and Technology, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Department of physics, Faculty of science, Benha University, Benha 13511, Egypt
[3)] Kazan E. K. Zavoisky Physical-Technical Institute of the Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia
[4)] Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia
[5)] Institute of Solid State Chemistry, Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russia
[6)] M. N. Miheev Institute of Metal Physics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia
[7)] A. F. Ioffe Physical Technical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia
E-mail: wessam.hosseny@fsc.bu.edu.eg

In SrF_2 crystal doped with Cr^{2+} ions, attenuation of all the normal ultrasonic modes with the wave vector k < 110 > were investigated at 52-162 MHz in the temperature region of 4-180 K. The observed peaks of relaxation origin were interpreted as manifestation of the Jahn-Teller effect.

Temperature dependence of attenuation of ultrasonic normal modes, one longitudinal and two transverse ones polarized along [001] and [1,1',0] axes and propagationg along the [110] crystallographic axis in strontium fluorite crystal doped with chromium ions with the dopant concentration $1.6 \cdot 10^{19}$ cm^{-3} is described in the framework of a phenomenological approach, whereas the contribution of the sub-system of the Jahn-Teller complexes is presented by the microscopic theory. Analysis of experimental data, obtained at the frequency of 52-162 MHz in the temperature range of 4 – 180 K, and calculation of isothermal contribution indicated $T \otimes (e+t2)$ Jahn-Teller effect problems with important impact of quadratic term in the vibronic Hamiltonian. The value of activation energy was derived from the temperature dependence of relaxation time with account of three mechanisms of relaxation: thermal activation $1/\tau_a = v_0 \cdot \exp(-V_0/K_BT)$, tunnelling through the potential energy barrier $1/\tau_a \propto T$, and two-phonon mechanism similar to Raman scattering $1/\tau_R \propto T^3$. The extrema points of adiabatic potential energy surface: six orthorhombic global minima, three tetragonal and four trigonal saddle points were calculated in 5-dimensional space of symmetrized coordinates (two tetragonal Q_θ, Q_ε and three trigonal ones Q_ζ, Q_η, Q_ξ).

FIELD-DEPENDENT THERMODYNAMIC MEASUREMENTS OF THE SPIN LIQUID CANDIDATE $YbMgGaO_4$

Iakovlev I.A.[1], Bachus S.[2], Mazurenko V.V.[1], Tsirlin A.A.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Experimental Physics VI, Center for Electronic Correlations and Magnetism, University of Augsburg, Germany
E-mail: iakovlev.ilia@mail.ru

In this work we present field-dependent thermodynamic properties of $YbMgGaO_4$, including dc-magnetization, specific heat and magnetostriction. We observe a plateau in dc-susceptibility which relates to the 1/2-plateau in magnetization smeared out due to the disorder of the exchange parameter.

In recent years the Quantum Spin Liquid (QSL) candidate $YbMgGaO_4$ has been intensively researched and controversally discussed. There were many attempts to find from the experiments suitable model parameters for describing this system; the most plausible of them are given in Ref. [1]. However, the origin of the ground state remains under extensive debate since disorder due to Mg^{2+}/Ga^{3+}-site mixing is induced which may mimic a QSL ground state [2]. Our work is dedicated to the investigation of the field-dependence of $YbMgGaO_4$.

To understand the origin of the experimentally obtained dc-susceptibility behavior we calculate M(H) curves in wide range of parameters near models from Refs. [1, 3]. To perform simulations at temperatures up to T = 0.15 J1zz we use classical Monte Carlo approach with anisotropic symmetric and biquadratic exchange couplings as it was implemented in the Uppsala Atomistic Spin Dynamics (UppASD) package [4]. The last term is added to consider quantum fluctuations for spin-1/2. To obtain a plateau on dc-susceptibility we use the Gaussian distribution of exchange parameters and g-factors due to the Mg^{2+}/Ga^{3+}-site mixing.

We find that the only thing which effect on the distance between the centers of dM/dH plateaus for different field directions is the value of XXZ anisotropy. Indeed, we find that the ratio Hcx/Hcz is roughly equal to 2J1±/J1zz as can be seen from Fig. 1. Another crucial point is that we are not able to get plateau on dM/dH using reasonable distribution of the exchange parameters for 1/3-plateau in the magnetization. It means that this plateau is caused by up-up-up-down state and the ratio between next-nearest and nearest neighbors' exchange parameters should be bigger than 0.125.

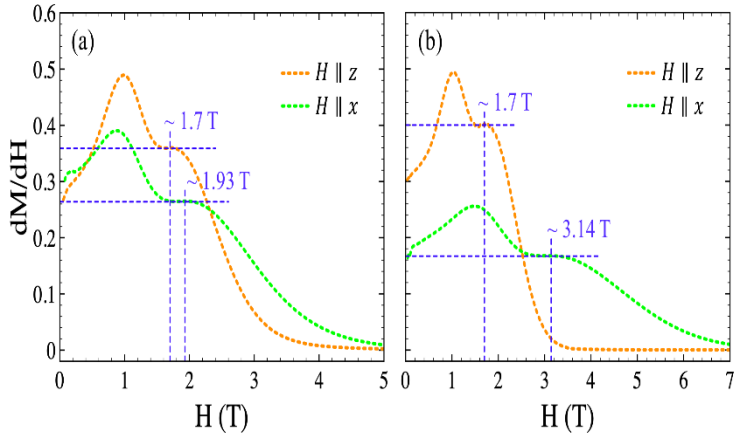


Fig. 1. (a) Calculated field-dependence of susceptibility for model C from Ref. [1] using J1zz = 1.4343 K, J1±/J1zz = 0.57. (b) Calculated field-dependence of susceptibility for the parameters from Ref. [2] using J1zz =1.22 K, J1±/J1zz = 0.92.

This work was supported by the Russian Science Foundation Grant 18-12-00185.

1. Zhang X. et al., Phys. Rev. X 8, 031001 (2018).
2. Zhu Z. et al., Phys. Rev. Lett. 119, 157201 (2017).
3. Li Y. et al., Phys. Rev. Lett. 115, 167203 (2015).
4. Skubic B. et al., Journal of Physics: Condensed Matter 20, 315203 (2008).

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕХАНОАКТИВИРОВАННОГО ТИТАНАТА СТРОНЦИЯ

Иевлева Е.В.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
E-mail: elenaz.86@mail.ru

DIELECTRIC PROPERTIES OF MECHANOACTIVATED STRONTIUM TITANATE

Ievleva E.V.[1]

[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

The purpose of this work is to experimentally study the dielectric properties of nanostructured ceramics of strontium titanate and a composite based on it.

Наноструктурированные сегнетоэлектрики обладают отличными от объемных структур свойствами, которые позволили активно применять их в различных устройствах электроники и техники.

Значительное влияние на свойства наночастиц сегнетоэлектрических материалов оказывают многие факторы: геометрические размеры, форма, дефекты

кристаллической решетки и другие характеристики, зависящие от технологии получения материала.

Титанат стронция (SrTiO3) со структурой типа перовскита широко используется как компонент при изготовлении сегнетоэлектрической керамики и как нелинейный диэлектрический материал [1].

Цель настоящей работы заключается в экспериментальном исследовании диэлектрических свойств наноструктурированной керамики титаната стронция и композита на его основе.

Керамика на основе твердого раствора титаната стронция (xSrxTiO3) является одним из наиболее перспективных пироэлектрических материалов.

Как нелинейный диэлектрический материал титанат стронция обладает высокой термической и химической стабильностью, низким коэффициентом теплового расширения, большой диэлектрической проницаемостью, низкими диэлектрическими потерями, высоким нелинейным оптическим коэффициентом. Практическое применение его сильно зависит от фазы, морфологии, размера частиц, кристаллических дефектов, свойств поверхности и не только, что в конечном итоге зависит от способа и условий его приготовления.

С помощью метода полнопрофильного анализа рентгенограмм поликристаллов была исследована структура образцов титаната стронция до и после механоактивации на воздухе и в атмосфере углекислого газа в течение 20 минут. Образцы SrTiO3 после механоактивации являются трёхфазными, состоят из кубической SrTiO3, ромбической SrCO3 и тетрагональной TiO2 фаз. В образце, механоактивированном в атмосфере CO2, концентрация фазы SrCO3 выше на 3.5 % по сравнению с образцом, механоактивированном на воздухе.

Анализ уширения пиков фазы SrTiO3 показал, что при механической обработке на воздухе кристаллиты деформируются медленнее, в то же время при механоактивации в атмосфере углекислого газа происходит эффективное уменьшение их размеров. На рентгенограммах механоактивированных образцов содержание аморфной компоненты проявляется только в виде возрастания фона.

1. Коротков Л. Н., Гриднев С.А., Климентова Т.И. Электрические и диэлектрические свойства аморфного титаната свинца в сильных электрических полях // Изв. РАН. Сер. физ. 2004 Т. 68 С. 982-984.

ОЦЕНКА КРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАССЛАИВАЮЩИХСЯ РАСТВОРОВ В ОБЛАСТИ НЕУСТОЙЧИВЫХ СОСТОЯНИЙ

Игольников А. А.[1], Рютин С. Б.[1], Скрипов П. В.[1]

[1)] Институт теплофизики УрО РАН
E-mail: alexander.igolnikov@bk.ru

EVALUATION OF CRITICAL PARAMETERS OF FLAKED SOLUTIONS IN THE REGION OF UNSTABLE STATES

Igolnikov A.[1], Rutin S.[1], Skripov P.[1]
[1)] Institute of Thermal Physics Ural Branch of RAS

Investigation of thermophysical properties of solutions in short-lived states is a large-scale and experimentally difficult task at the same time. The authors of this work proposed a unique method for research of such systems. In the work a critical curve of a water-PPG 425 solution will be presented.

Рост числа работ по изучению процессов, интенсифицирующих теплообмен, обуславливает интерес исследователей к рассмотрению короткоживущий систем в качестве теплоносителя в системах теплоотвода. Под короткоживущими системами будем понимать растворы в не вполне устойчивых состояниях, перегретых относительно линии фазового разделения жидкость-жидкость, а также в термодинамически неустойчивых состояниях, перегретых относительно спинодали жидкость-жидкость. Спинодальный распад – это особый случай начальной стадии фазового превращения, когда систему удается перевести в лабильное состояние, вследствие чего релаксация системы сопровождается усилением случайных неоднородностей концентрации частиц и оказывается возможным появление модулированных релаксационных структур [1].

Наиболее удобными для экспериментального изучения являются растворы, обладающие нижней критической температурой растворения (НКТР). Тем не менее, при выборе метода изучения теплофизических свойств таких веществ необходимо учитывать ограниченное время жизни системы в термодинамически неустойчивых состояниях. Необходимым условием, также, является чувствительность метода к разрешению релаксационных процессов, возникающих в системе в результате теплового воздействия. Авторами настоящей работы был предложен уникальный метод изучения теплофизических свойств и оценки критических параметров растворов с заходом в область неустойчивых состояний. Суть метода заключается в изобарическом импульсном нагреве проволочного зонда, помещенного в исследуемую жидкость, и поддержании заданного режима тепловыделения, в том числе на фоне фазовых и структурных превращений за счет применения индертирующих операционных усилителей с обратной связью в аналоговой схеме [2, 3].

В работе будут представлены критическая кривая раствора вода-ППГ 425, а также линии достижимого перегрева в зависимости от концентрации полипропиленгликоля в воде. Также будут представлены результаты сопоставления теплофизических свойств растворов. Параметром эксперимента являются давление и концентрация ППГ в воде.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 19-19-00115.

1. В.П. Скрипов, А.В. Скрипов, УФН, 128, 2 (1979).
2. S.B. Rutin, D.V. Volosnikov, P.V. Skripov. Int. J. of Heat and Mass Transf. 91 (2015).
3. S.B. Rutin, D.A. Galkin, P.V. Skripov. Int. J. of Heat and Mass Transf. 115 (2017).

МИКРОСТРУКТУРА И НАНОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА ALNICUFECO ЭКВИАТОМНОГО СОСТАВА

Прокудин С.В. [1], Яковлев В.И. [1], Чикова О.А. [2], Ильин В.Ю. [2]

[1)] ФГБНУ Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов, 108840, г. Москва, г. Троицк, ул. Центральная, 7а, Россия
[2)] Уральский федеральный университет, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, Россия
E-mail: Vadim.Ilin@urfu.ru

MICROSTRUCTURE AND NANOMECHANICAL PROPERTIES OF AN EQUIATOMIC ALNICUFECO ALLOY

Prokudin S.V. [1], Yakovlev V.I. [1], Chikova O.A. [2], Ilyin V.Yu. [2]

[1)] FSBI Technological Institute for superhard and novel carbon materials, 108840, Moscow, Troitsk, Tsentralnaya str., 7a, Russia
[2)] Ural Federal University, 620002, Yekaterinburg, Mira str., 19, Russia

AlNiCuFeCo's high-entropy alloys have a combination of excellent magnetic and mechanical properties [1]. The crystal structure of the equiatomic AlNiCuFeCo alloy includes a face-centered cubic (FCC) phase and a body-centered cubic (BCC) phase.

Высокоэнтропийные сплавы (ВЭС) AlNiCuFeCo имеют комбинацию превосходных магнитных и механических свойств [1]. Кристаллическая структура сплава AlNiCuFeCo эквиатомного состава включает гранецентрированную кубическую (ГЦК) фазу и объемно-центрированную кубическую (ОЦК) фазу. На ПЭМ-изображениях для сплава $FeCoNi(CuAl)_{0.8}$ видно, что в ОЦК-фазе диспергировано большое количество богатых медью включений [2].

Образцы сплава AlCuNiCoFe эквиатомного состава были получены методом вакуумной дуговой плавки и литья в лабораторных условиях из металлов высокой чистоты: алюминий марки А999 (99,9%), медь марки Мк00 (99,98%) и карбонильное железо (99,98%). Металлографическое исследование морфологии

поверхности осуществляли на сканирующем зондовом микроскопе (СЗМ) NTEGRA Aura. Обработку и построение СЗМ-изображений проводили при помощи программного обеспечения Nova и ImageAnalysis. Измерение наномеханических свойств - модуля Юнга E (ГПа) и твёрдости H (ГПа) – в субмикрообъемах проводили методом наноиндентирования с помощью НаноСкан-3D в соответствии с требованиями ГОСТ Р8.748-2011(ISO 14577). Время выдержки 150 секунд, нагрузка 6 и 10 мН.

Микроструктура слитков AlCuNiCoFe эквиатомного состава однородна по сечению и состоит из дендритов и междендритных слоев многофазного состава. По данным СЗМ-микроскопии можно различить множество фаз в дендритах и междендритном пространстве. Дендриты состоят из тройной эвтектики (α-Al+$CuAl_2$ + Cu4$NiAl_7$) и крупных первичных кристаллов изоморфных соединений $CoCu_2Al_7$ и $FeCu_2Al_7$. Междендритное пространство содержит мелкие первичные кристаллы Cu_4NiAl_7 [3].

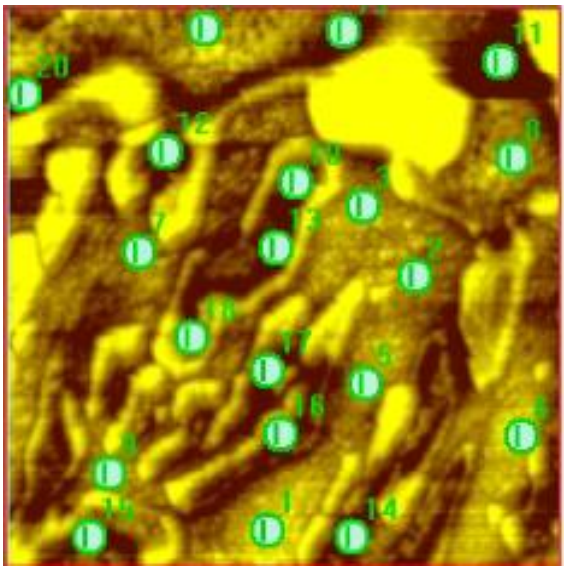


Рис. 1. СЗМ-изображение, скан 70 мкм × 70 мкм

Результаты измерения наномеханических свойств были получены следующие: для междендритного пространства (тёмные области) твердость H - 2,03±0,7 ГПа, Модуль Юнга E - 344,81±139,08 Гпа; для дендритов (светлые области) твердость H - 1,97±0,68 ГПа, Модуль Юнга E - 328,48±181,93 Гпа. Согласно [4], значение дополнительного давления, появившегося на границе раздела между дендритами и междендритным пространством из-за разницы в H и E, является значительным и может привести к разрушению образца при обработке давлением. Используя полученные значения твердости и модуля Юнга дендритов и междендритного пространства, можно рассчитать значения прочности их сцепления, т.е. адгезионной прочности границы дендритов и междендритного пространства [5].

1. Guo T., Li J., Wang J., Wang Y., Kou H., Niu S., Intermetallics, 110, p. 86, (2017)
2. Zhang Q., Xu H., Tan X.H., Hou X.L., Wu S.W., Tan G.S., Yu L.Y., Journal of Alloys and Compounds, 1061, p. 693, (2017)

3. Kivy M., Beyramali Z., Asle M., Lekakh S., Materials & Design, 224, p. 127, (2017)
4. Chikova O. A., Reznik P. L., Ovsyannikov B. V., Phys. Met. Metallogr., 117, pp. 1245-1250, (2016)
5. Zhang C., Zhou H., Liu L., Acta Mater., 72, pp. 239-251, (2014)

ВЛИЯНИЕ НАНОПОР НА ДИНАМИКУ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В ТОНКИХ ПЛЁНКАХ С ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОЙ АНИЗОТРОПИЕЙ (МИКРОМАГНИТНАЯ СИМУЛЯЦИЯ)

Изможеров И.М.[1, 2], Зверев В.В.[1, 2], Байкенов Е.Ж.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: ivan_izm@inbox.ru

INFLUENCE OF THE ANTIDOTS ON DOMAIN WALL DYNAMICS IN THIN FILMS WITH PERPENDICULAR MAGNETIC ANISOTROPY (MICROMAGNETIC SIMULATION)

Izmozherov I.M.[1, 2], Zverev V.V.[1, 2], Baykenov E.Zh.[1]
[1)] Ural federal university, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of metal physics UB RAS, Ekaterinburg, Russia

Domain walls dynamics in thin nanostrip with system of antidots is investigated in the micromagnetic simulations framework. It is shown that stripe domains motion through the array of antidots leads to the appearence of 3-d curved Bloch lines located on the domain walls.

Одним из активно развивающихся направлений спинтроники является поиск путей создания энергонезависимых устройств памяти с высокой плотностью записи информации и высоким быстродействием. Принцип действия таких устройств обычно связана с манипулированием топологически устойчивыми состояниями намагниченности ферри- и ферромагнетиков, такими как скирмионы, доменные границы, вихревые структуры [1,2]. Могут использоваться образцы различной геометрии, в частности тонкие плёнки и нанополосы, в том числе содержащие нанопоры (или антиточки) - отверстия или полости, имеющиеся в сплошной структуре материала. Ранее было показано, что массивы таких антиточек могут изменять топологию распределений намагниченности, создавая новую магнитную среду с программируемыми свойствами [3].

Данная работа посвящена исследованию влияния антиточек на динамику доменных границ в тонких магнитных плёнках с перпендикулярной анизотропией. Движение доменных границ под действием спинового тока исследуется в рамках микромагнитного подхода путём численного решения уравнения Ландау-Лифшица-Гильберта с дополнительным членом, учитывающим влияние спинового

тока [4]. Моделирование осуществляется в программном пакете для микромагнитных расчётов mumax3 [5] с использованием вычислительных ресурсов суперкомпьютера "Уран" ИММ УрО РАН. Рассматривается фрагмент ферромагнитной плёнки толщиной 200 нм, содержащий пару антиточек цилиндрической формы (см. рис.1а). Исследуется прохождение вихревых полосовых доменных границ через область локализации отверстий в зависимости от их диаметра и расстояния между ними.

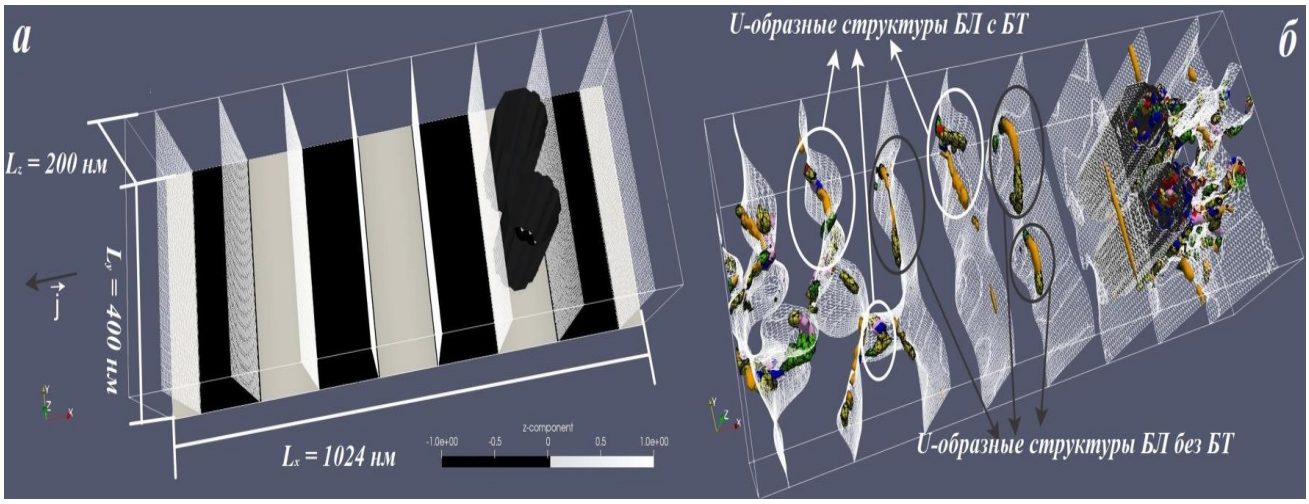


Рис.1 а) Геометрия задачи б) Пример визуализации 3-х мерных топологических структур, состоящих из фрагментов вертикальных (жёлтый и зелёный контуры) и горизонтальных (оранжевый и фиолетовый контуры) БЛ и (красный и синий контуры) БТ.

Показано, что прохождение доменной границы полосового домена через пару антиточек может приводить к генерации на ней трёхмерных топологических дефектов. Такие дефекты представляют собой дугообразные струкутры, содержащие фрагменты вертикальных и горизонтальных блоховских линий (БЛ), причём последние могут быть разделены блоховскими точками (БТ). Пример такой конфигурации приведён для случая пары антиточек радиусом 110 нм, центры которых разделены расстоянием 120 нм. Метод визуализации местоположений вертикальных и горизонтальных БЛ и БТ основан на расчёте локальных особенностей плотности гиротропного вектора и значений гомотопического числа соответственно. В момент времени 345 пс с начала симуляции на доменных границах, преодолевших область локализации антиточек, образуются дугообразные конфигурации БЛ, некоторые из которых содержат БТ (см рис. 1б). Таким образом, массивы "антиточек" являются генераторами топологически нетривиальных распределений намагниченности на изначально полосовой доменной границе, не содержащей дефектов.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России № АААА-А19-119070890020-3 (тема «Сплавы»).

1. S. S. P. Parkin, M. Hayashi, L. Thoma, Science, 320, 190-194 (2008)
2. A. Fert, V. Cros, J. Sampaio, Nature Nanotech, 8, 152–156 (2013)
3. L. J. Heyderman, F. Nolting, D. Backes, S. Czekaj, L. Lopez-Diaz, M. Kläui, U. Rüdiger, C. A. F. Vaz, J. A. C. Bland, R. J. Matelon, U. G. Volkmann, P. Fischer, Phys. Rev. B, 73, 214429 (2006)
4. Z. Li, S. Zhang, Phys. Rev. B, 68 (2) , 024404 (2003)
5. A. Vansteenkiste, J. Leliaert, M. Dvornik, M. Helsen, F. Garcia-Sanchez, B. Van Waeyenberge,AIP Advances 4, 107133 (2014)

НАНОЧАСТИЦЫ Sb И Sb@Se, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ВАКУУМНОГО НАПЫЛЕНИЯ

Кандышев С.М.[1], Юшков А.А.[1], Колосов В.Ю.[1]

[1)] Уральский федеральный университет
E-mail: emlab@urfu.ru

NANOPARTICLES OF Sb AND Sb@Se OBTAINED BY THE VACUUM DEPOSITION

Kandyshev S.M.[1], Yushkov A.A.[1], Kolosov V.Yu.[1]
[1)] Ural Federal University

Sb and Sb@Se nanoparticles were obtained by sequential vacuum deposition of selenium and antimony. Sb@Se particles have a core-shell structure. The mean size of antimony particle is 20 nm. Sb@Se particle mean size is 55 nm, with a contrast core mean diameter of 25 nm.

Частицы со структурой «ядро-оболочка» представляют интерес как для нанотехнологий, так и для разработок контролируемой доставки лекарственных препаратов в организм [1]. Наноплёнки и наночастицы на основе Sb системы Sb-халькоген интенсивно исследуются как материалы для изготовления энергонезависимой памяти на эффекте фазового перехода. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) позволяет исследовать структуру таких материалов и закономерности их формирования. В данной работе посредством ПЭМ изучались частицы, формируемые в нанотонких образцах системы Sb-Se.

Образец тонкой пленки Sb-Se был получен путем последовательного (сначала Se, затем Sb) термического распыления веществ в вакууме с осаждением на покрытую углеродом подложку слюды. Пленка Sb-Se на углероде отделялась и переносилась на сетку для ПЭМ-исследований на поверхности дистиллированной воды.

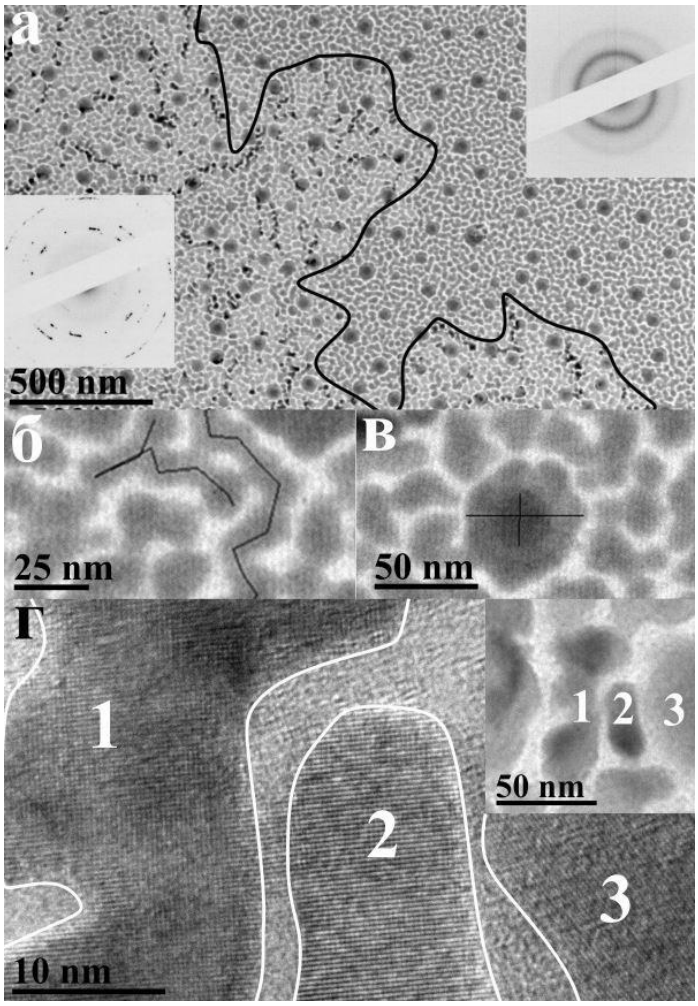


Рис. 1. а – ПЭМ участка образца, граница фаз обозначена линией, SAED на врезках; б – ПЭМ участка лабиринтной структуры Sb; в – ПЭМ частицы Sb@Se (горизонтальная линия) с ядром (вертикальная линия); г – HREM частиц Sb (1 и 2) и оболочки частицы Sb@Se (3), на врезке - ПЭМ с меньшим увеличением.

Съемки проводились в режимах светлого и темного полей, дифракции электронов от выбранной области (SAED), высокого разрешения (HREM).

Пленка представляет собой неоднородную структуру. На рисунке 1а можно выделить две области (графически обозначена граница). На одной из них (слева и снизу) имеются темные и светлые участки дифракционного контраста, что указывает на кристаллическое состояние образца. Другая область (правее и выше) более однородна по контрасту и является аморфной, что подтверждается картинами SAED (на врезках в соответствующих областях).

Оба участка на рис. 1а содержат два рода островков-частиц. Первые - меньшего размера, представлены в виде отдельных образований, рисунок 1б, которые, сливаясь между собой, могут образовывать лабиринтную структуру (обозначена ломаной линией), свойственную закристаллизованным участкам. Более крупные отдельные частицы, рисунок 1в (выделена горизонтальной линией) содержат контрастное «ядро» (выделено вертикальной линией). Согласно методике

напыления, эти частицы представляют собой образования «сурьма на селене» (Sb@Se). На снимках HREM закристаллизованной области образца, рисунок 1г, видна кристаллическая структура частиц Sb (выделенные области 1 и 2) и оболочки частицы Sb@Se (область 3).

Присутствие селена в частицах типа «ядро-оболочка» подтверждается также данными рентгеновского энергодисперсионного анализа (EDX). При съемке спектров в выбранных точках отмечалось, что островкам предполагаемой структуры Sb@Se соответствует большее процентное содержание Se.

Было проведено сравнение размеров частиц Sb в виде мелких образований лабиринтной структуры и частиц Sb@Se в аморфной и кристаллической частях. Обработку изображения проводили в программе ImageJ. Размеры самостоятельных частиц Sb в кристаллической и аморфной частях статистически не отличаются, значения их диаметров находятся вблизи 20 нм, для крупных частиц-«островков» Sb@Se средний диаметр приблизительно равен 55 нм, для ядер - 25 нм.

Работа поддержана постановлением №211 Правительства РФ (№ 02.A03.21.0006)

1. Esquivel-Castro T. A. et al., Materials Science and Engineering C, 96, 915-940 (2019)

ВЗРЫВНОЕ ВСКИПАНИЕ В ЗАКРУЧЕННЫХ СТРУЯХ

Капитунов О.А.[1], Решетников А.В.[1], Панов Г.В.[2],
Игнатюк М.Е.[2], Мартынова Л.Э.[2]

[1)] Институт теплофизики УрО РАН
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: o.kapitunov@gmail.com

EXPLOSIVE BOILING-UP IN A SWIRL JETS

Kapitunov O.A.[1], Reshetnikov A.V.[1], Panov G.V.[2],
Ignatyuk M.Ye.[2], Martynova L.E.[2]

[1)] Institute of thermal physics Ural Branch of RAN
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

An experimental study of the evolution of boiling-up ethanol jets with an increase in the level of superheat in the flow was carried out for a number of flow swirl speeds. The degree of influence of the rotational speed at various levels of superheats (low, high and extreme) was revealed.

Актуальность исследования закрученных потоков вскипающей жидкости определяется широкой сферой применения закрутки потока в различных технических приложениях: теплообменники, энергетические установки, двигателях внутреннего сгорания и во многих других устройствах [1] . Закрученные потоки метастабильной [2] (перегретой) жидкости мало изучены, поэтому исследования в этой области являются актуальной и перспективной задачей. Цель данной работы состояла в проведении опытов по изучению струи вскипающей жидкости при ее предварительной закрутке.

Истечение перегретой жидкости (этанол) из сосудов высокого давления производилось через короткие каналы различной геометрии в атмосферу с закруткой потока. Использовали цилиндрический, треугольный и щелевой каналы. В качестве завихрителя применяли двухлопастной винт, который приводился в движение с помощью электродвигателя. Скорость закрутки изменялась от 500 до 3000 об/мин. Температурной диапазон опытов был от T=100 ºC до T=240ºC на линии насыщения при изменении давления до 6 МПа. Также опыты проводились при фиксированных начальных давлениях p = 20, 40 и 60 МПа в температурном интервале от комнатной температуры до T=240ºC.

Опыты по изучению вскипающей струи этанола при предварительной закрутки показали следующие результаты. При малой скорости закрутки (500 и 1000 об/мин.) практически нет никакого влияния на струю вскипающего этанола на всем исследованном температурном интервале. Закрутка потока при скоростях 1800 и 3000 об/мин. оказывает существенное влияние на струю вскипающего этанола от малых до высоких перегревов.

В условиях высоких и предельных перегревов, что соответствует интенсивному гетерогенному зародышеобразованию и взрывному вскипанию, фазовые превращения становятся доминирующими при распылении горячей жидкости, но высокая интенсивность закрутки является решающим фактором при определении формы струи.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-08-00742).

1. Гупта А. К., Лилли Д. Д., Сайред Н. Закрученные потоки. – Мир, 1987.
2. Скрипов В.П. Метастабильная жидкость. – М.: Наука 1972. 312 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ ГЛАДКОЙ ПОВЕРХНОСТИ МИКРОКАТОДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭРОЗИИ КАТОДА В ВАКУУМНОМ РАЗРЯДЕ

Карышев П.П.[1], Земсков Ю.А.[2], Кузьменко Н.Г.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Kuzmenkon64@gmail.com

METHOD OF SMOOTH SURFACE FORMATION ON THE MICROCATHODE FOR THE INVESTIGATIONS OF CATHODE EROSION IN THE VACUUM DISCHARGE

Karyshev P.P.[1], Zemskov Y.A.[2], Kuzmenko N.G.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Electrophysics UB RAS, Yekaterinburg, Russia

The aim of this work was to develop a method of the electron beam melting of the electrode surface. The smoothness of the cathode surface is crucial for the investigation of the cathode erosion in the vacuum arc discharge. Basic features of the method are: tungsten sample, small size, and high vacuum

Процессы на катоде, ответственные за развитие и поддержание разрядов в вакууме, изучены на данный момент недостаточно. Однако наиболее обоснованной на данный момент является теория циклических процессов взрывной электронной эмиссии в катодном пятне. Основным моментом в ней являются взрывы микровыступов на поверхности электрода, приводящие к формированию эрозионного следа в виде микрократеров. К настоящему времени еще нет исчерпывающего описания процесса кратерообразования и параметров, от которых этот процесс зависит. Идеальным объектом для изучения этого явления может служить

единичный кратер, полученный при известных параметрах электрической цепи разряда и материала электрода.

Кратеры имеют микронный размер и преимущественно образуются на выступах поверхности катода. Результат разрушения такого выступа, наблюдаемый в микроскоп, дает недостаточно информации о формировании кратера, поскольку исходную форму выступа достоверно не установить. К тому же шероховатость поверхности значительно затрудняет поиск микрократера при наблюдении образца в микроскоп. Таким образом, наилучшим вариантом катода для исследований микрократеров явился бы электрод с плоской или скругленной поверхностью, полученной методом переплавки в вакууме. Это позволило бы избавить поверхность и от неровностей, и от загрязнений.

Настоящая работа посвящена разработке методики оплавления поверхности электрода электронным пучком в вакууме. Особенностями методики являются: использование тугоплавкого материала обрабатываемого образца (вольфрам), компактные размеры всех узлов, а также возможность использования в сверхвысоком вакууме.

Эксперименты по оплавлению вольфрамовых образцов проводились на базе вакуумного поста ВУП-5. В качестве образцов использовались вольфрамовые иглы, полученные электрохимическим травлением из проволоки диаметром 200 мкм. Источником электронов выступал термокатод с регулируемым током накала. Ток электронов на образец создавался при подаче на него положительного потенциала относительно термокатода. В ходе данного экспериментального иследования были подобраны оптимальные геометрические параметры устройства, а также определены диапазоны энергий пучка и длительности его воздействия на образец, создающие необходимое состояние поверхности.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНОННЫХ СПЕКТРОВ МОНОСЛОЯ ТРИЙОДИДА ХРОМА

Кашин И. В.[1], Мазуренко В. В.[1], Кацнельсон М. И.[1, 2], Руденко А. Н.[1, 2, 3]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт Молекул и Материалов, Неймеген, Нидерланды
[3)] Школа физики и технологии, Университет Уханя, Ухань 430072, Китай
E-mail: i.v.kashin@urfu.ru

THEORETICAL INVESTIGATION OF CHROMIUM TRIIODIDE MONOLAYER MAGNON SPECTRA

Kashin I. V.[1], Mazurenko V. V.[1], Katsnelson M. I.[1, 2], Rudenko A. N.[1, 2, 3]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute for Molecules and Materials, Radboud University, Nijmegen, The Netherlands
[3)] School of Physics and Technology, Wuhan University, Wuhan 430072, China

The magnetic properties of CrI_3 monolayer, considered by means of magnon spectra, are the prime focus of this work. Using first-principles calculations and microscopic model techniques, we found that ferromagnetism of the system cannot be exhaustively described only by effective nearest-neighbour (1NN) isotropic exchange interactions. Accounting for longer ranged couplings, accomplished in terms of magnetic force theorem, yields distinct peaks in the magnon spectra, which are absent in the case of 1NN model. It highlights the comprehensive theoretical investigation to be the only tool to reveal the mechanisms, lying behind the CrI_3 monolayer ferromagnetism.

Монослой трийодида хрома (CrI_3) сегодня привлекает огромное внимание исследователей в силу наличия экспериментально подтвержденного ферромагнитного порядка [1], что открывает значительные перспективы его применения в новейших устройствах спинтроники и квантовых вычислений [2].

Объяснению микроскопических механизмов, приводящих к стабильному магнитному упорядочению в рассматриваемой системе, и посвящена данная работа. В ней методами первопринципного моделирования с привлечением теоремы о локальных силах [3] были рассчитаны магнонные спектры. Данные спектры получены на основе найденных величин попарных изотропных обменных взаимодействий между атомами хрома, находящихся на первой, второй и третьей координационной сфере.

Путем сравнения с эффективной моделью, учитывающей лишь взаимодействия между ближайшими атомами хрома [4], было обнаружено, что учет более дальнодействующих связей приводит к качественному обновлению магнонных спектров. В частности, наблюдаются острые пики в соответствующих энергетических зонах, потенциально доступные для прямой экспериментальной регистрации, что доказывает принципиальную необходимость в рассмотрении более

содержательных моделей для полновесного описания ферромагнетизма монослоя трийодида хрома.

Работа поддержана грантом Российского Научного Фонда №17-72-20041.

1. B. Huang et al., Nature 546, 270 (2017).
2. C. Gong and X. Zhang, Science 363, 6428 (2019).
3. A. I. Lichtenstein, M. I. Katsnelson, V. P. Antropov and V. A. Gubanov, J. Magn. Magn. Mater. 67, 65 (1987).
4. J. L. Lado and J. Fernández-Rossier, 2D Mater. 4, 035002 (2017).

РАССЕЯНИЕ УЛЬТРАКОРОТКИХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА НАНОСИСТЕМЕ С УЧЕТОМ ДЕФЕКТА

Харламова А.А.[1], Макаров Д.Н.[1]

[1)] Северный Арктический федеральный университет
E-mail: kharlamova.anastasya2015@yandex.ru

SCATTERING OF ULTRASHORT LASER PULSES ON THE NANOSYSTEM CONSIDERING DEFECTS

Kharlamova A.A.[1], Makarov D.N.[1]
[1)] Northern (Arctic) Federal University

It is shown that when an ultrashort pulse of an electromagnetic field is scattered by polyatomic systems, their defects can be determined.

Взаимодействие ультракоротких импульсов с веществом представляет интерес не только для фундаментальных задач атомной и ядерной физики, но и для прикладных, радиобиологии, терапии раковых заболеваний, выявление дефектов биоматериала и т.д. Наличие практической возможности изучения химических и биологических процессов, а также различных процессов в наноструктурах в установках с использованием как существующих, так и перспективных рентгеновских лазеров на свободных электронах, например, Европейский рентгеновский лазер с свободными электронами (XFEL), требует развития теории взаимодействия лазерных импульсов с веществом. Данное взаимодействие дает представлениение о многих свойствах материала. В частности, таким способом возможно выявить дефекты различных наносистем, в том числе, например, исследовать биологические дефекты в хромосомах человека. Обычно в расчётах рассеяния ультракоротких импульсов электромагнитного поля (УКИ) на различные рода сложных системах используют аппарат, адаптированный к рассеянию непрерывного излучения, не учитывая форму УКИ и его специфику. Такой подход является приближённым и по сути основан на классической теории рассеяния

света. При использовании такого подхода невозможно по спектрам рассеяния идентифицировать сложную исследуемую мишень - сложные биомолекулы и наносистемы.

В данной же статье рассмотрена теория рассеяния ультракоротких мощных лазерных импульсов аттосекундной длительности сложными наносистемами [1-3]. Разработаны методы расчетов процессов рассеяния, угловых распределений и спектров рассеяния лазерных импульсов аттосекундной длительности сложными трехмерными системами с учетом их дефектов.

1. Матвеев А.И. Журнал экспериментальной и теоретической физики. Т.124(5) (2003)
2. Dmitry N. Makarov, Quantum theory of scattering of ultrashort electromagnetic field pulses by polyatomic structures // Optics Express, 2019, Vol. 27, Issue 22, pp. 31989-32008
3. Makarov D.N., Eseev M.K., Makarova K.A., Analytical wave function of an atomic electron under the action of a powerful ultrashort electromagnetic field pulse // Optics Letters, 2019, V. 44(12), 3042-3045

STUDY OF THE ELECTRONIC STRUCTURE OF THE TOPOLOGICAL INSULATOR $Bi_{1.1}Sb_{0.9}Te_2S$

Khatchenko Yu.E.[1], Yakushev M.V.[1, 2, 3], Seibel C.[4], Orlita M.[5], Kokh K.A.[6], Reinert F.[4], Tereshchenko O.E.[7], Kuznetsova T.V.[1, 3]

[1)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics UB RAS, Ekaterinburg, Russia
[2)] Department of Physics, SUPA, Strathclyde University, Glasgow, United Kingdom
[3)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[4)] Universität Würzburg, Experimentelle Physik VII, 97074 Würzburg, Germany
[5)] Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses (LNCMI), Grenoble, France
[6)] V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy UB RAS, Novosibirsk, Russia
[7)] Institute of Semiconductor Physics, SB RAS, Novosibirsk, Russia
E-mail: yulya.khatchenko@mail.ru

The surface and bulk electronic band structures of $Bi_{1.1}Sb_{0.9}Te_2S$ topological insulator were studied by angle-resolved photoelectron spectroscopy (ARPES) and Far- and Mid-infrared spectroscopy.

$Bi_{1.1}Sb_{0.9}Te_2S$ is attractive as a material belonging to the class of so-called topological insulators (TIs). TIs have a bulk band gap like an ordinary insulator but on the surface strong spin-orbit coupling produces topologically protected surface states [1]. In addition to the fundamental interest, these states could be useful for spintronics [2] and quantum electronics [3].

In this work the surface and bulk electronic band structures of $Bi_{1.1}Sb_{0.9}Te_2S$ single crystals were studied by ARPES and Far- and Mid-infrared spectroscopy. ARPES measurements were performed at 20 K using He lamp (hv = 21.2 eV). The reflectivity

and transmission measurements were carried out over the frequency range from 0 to 5000 cm^{-1} at 4.2 K.

ARPES measurements demonstrated clear Dirac-type dispersion of the surface states with its Dirac point at a binding energy of about E_B = 230 meV. The transmission spectra revealed absorption band edge at 2528 cm^{-1} (suggesting a band gap of E_g = 0.313 eV at 4.2 K) and free carrier Drude edges at 228 cm^{-1} as well as strong Fabry-Perot oscillations. The reflectivity spectra showed the Drude edge at 256 cm^{-1} and two phonon related features at 51 and 151 cm^{-1}. The asymmetric shape of phonon related features at 51 cm^{-1} suggest its relation to electron-phonon coupling and Fano physics. The middle point of the Drude edge in the reflectivity spectrum corresponds to the minimum in the transmission at 225 cm^{-1}.

The observed peculiarities demonstrate the intrinsic complexity of the studied material. Further investigation of topological effects requires the application of magneto-optical spectroscopy methods.

1. Hasan M.Z. et al., Rev. Mod. Phys., 82, 3045 (2010).
2. Fu L. and Kane C. L., Phys. Rev. Lett., 100, 096407 (2008).
3. Moore J. E., Nature (London), 464, 194 (2010).

LUMINESCENCE STUDY OF $KLuP_2O_7$ DOPED WITH Pr^{3+} IONS UNDER DIFFERENT TYPES OF EXCITATION

Kiselev S.A.[1], Pustovarov V.A.[1]

[1)] Institute of Physics and Technology, Ural Federal University, 19 Mira st., 620002 Ekaterinburg, Russia
E-mail: sviat-kiselev@yandex.ru

This paper reports the spectroscopic properties of praseodymium-doped potassium lutetium double phosphates, $KLuP_2O_7:Pr^{3+}$(1%). Spectra of photoluminescence (PL), PL excitation, X-ray excited luminescence and pulse cathodoluminescence, thermally stimulated luminescence were measured.

Praseodymium-ions doped luminescent materials are recently being actively investigated due to demonstration of fast interconfigurational 5d – 4f optical transitions. The application of such materials is rather perspective in medical and detectors fields. Many detecting materials are doped with Ce^{3+} ions. Praseodymium emission in comparison with cerium ions is located in higher energy region and is characterized with shorter lifetime (about 20 instead of 30 ns). The search of new scintillating materials is very actual problem of modern investigation researches. The study of $KLuP_2O_7$ doped with Pr^{3+} began in works [1, 2].

Results of spectroscopic properties investigation are presented in this paper. The complex of spectroscopic methods was applied. Measurements of objects were done applying different techniques. Spectra of photoluminescence (PL) upon UV-VUV excitation, PL excitation spectra as well as spectra of X-ray excited luminescence (XRL)

were studied at the Laboratory of Solid State Physics, Ural Federal University. The X-ray excited studies were performed at the same laboratory included measurements of thermally stimulated luminescence (TSL) glow curves. The measurements of decay kinetics and emission spectra upon excitation with non-monochromatic X-ray synchrotron radiation were performed at the beamline #6 of the VEPP-3 storage ring at Budker Institute of Nuclear Physics (Russia). To detect the XRL a stroboscopic method of electron-optical chronography with sub-nanosecond time resolution was used. The pulse cathodoluminescence (PCL) spectra and PCL decay kinetics were recorded at University of Tartu (Estonia). Each spectrum was calculated according to spectral sensitivity of detecting system.

Study of X-ray excited luminescence exhibits wide bands in UV region (270-310 nm) with nanosecond decay time connected with interconfigurational 4f15d → 4f2 radiation transitions with different Stokes shift (Fig. 1, left side). These transitions are considered to be the emission from the lowest 4f15d excited state of the Pr^{3+} ion to the multiplets of ground states of the 4f2 configuration. A set of wide emission bands in region of ~ 400 - 450 nm considered to be defect-related luminescence can be observed.

The pulse cathode luminescence decay kinetics measurements are presented in Fig. 1, right side. The PCL decay curves demonstrate two-exponential behavior with lifetime of fast component τ = 20 ns, slow component τ = 70 ns. Due to this, the two-exponential approximation was applied to these spectra. The contribution of slow μ_s – component amounts 10^{-3} – 10^{-4}.

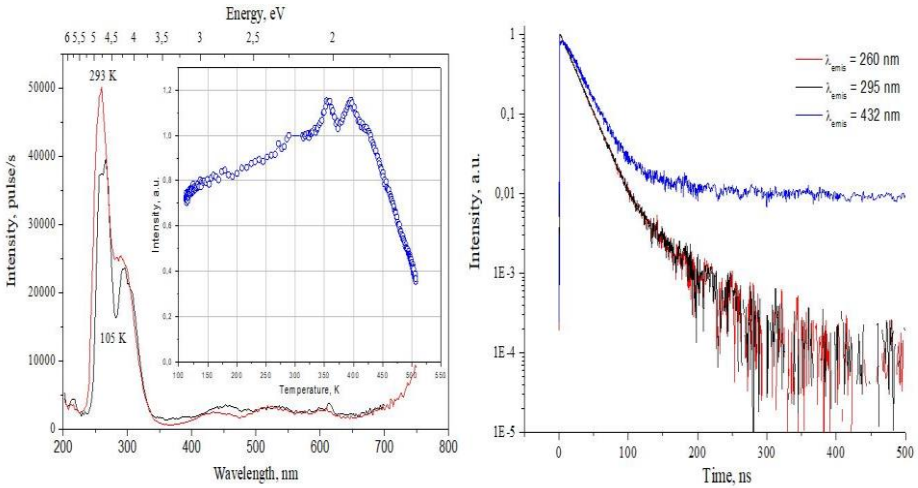


Fig. 1. Left: XRL spectra of $KLuP_2O_7:Pr^{3+}$ (1%), T = 295 K (red), T = 105 K (black), temperature dependence of XRL 260 nm peak line (blue). Right: PCL decay kinetics recorded monitoring 4f15d → 4f2 emission of $KLuP_2O_7:Pr^{3+}$ and defect-related luminescence excited with X-ray radiation. T= 295 K

1. M. Trevisani, K. Ivanovskikh, F. Piccinelli, M. Bettinelli, Journal of Chemical Sciences, Volume 69, Issue 2, Pages 205-209, (2014).
2. J.L. Yuan, X.J. Wang, D.B. Xiong, C.J. Duan, J.T. Zhao, Y.B. Fu, G.B. Zhang, C.S. Shi, Journal of Luminescence, Volume 126, Issue 1, Pages 130-134, (2007).

ВЛИЯНИЕ ДОПИРОВАНИЯ ДИОКСИДОМ ТИТАНА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ, СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЯ $Fe_{1.02}Se_{0.5}Te_{0.5}$

Кислов Е.В.[1], Селезнева Н.В.[1], Баранов Н.В.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, ИЕНиМ, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: eu.kislov@gmail.com

EFFECT OF TITANIUM DIOXIDE DOPING ON THE PHASE COMPOSITION, STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE $Fe_{1.02}Se_{0.5}Te_{0.5}$ COMPOUND

Kislov E.V.[1], Selezneva N.V.[1], Baranov N.V.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

In this study it was shown that a required condition for the appearance of superconductivity in $Fe_{1.02}(TiO_2)_xSe_{0.5}Te_{0.5}$ system is the presence of a tetragonal phase, whose unit cell parameter c does not exceed the value for the pure FeTe phase.

Сверхпроводящие свойства селенида железа FeSe, обладающего температурой перехода Tconset = 8.5 K, существенно зависят от замещений по подрешеткам металла и халькогена [1]. Замещение по подрешетке железа приводит либо к ухудшению свойств, либо к полному подавлению сверхпроводимости, в то время как замещение по подрешетке халькогена может улучшить сверхпроводящие характеристики [2]. В частности, при замещении селена теллуром в системе $Fe(Se_{1-y}Te_y)$ наблюдалось увеличение температуры сверхпроводящего перехода Tconset до 14.5 K при y = 0.5. Также существенное влияние на свойства может оказывать внедрение атомов кислорода и отжиг в атмосфере кислорода [3], при котором, как предполагается, происходит деинтеркалация избыточных атомов железа. Одним из вариантов внедрения кислорода в решетку может быть введение оксидов в шихту на этапе синтеза [4]. Можно предположить, что при внедрении оксидов переходных металлов будет происходить замещение не только по подрешетке халькогена, но и по подрешетке железа.

Целью настоящей работы являлось изучение влияния допирования оксида титана на фазовый состав, структуру и свойства соединений $Fe_{1.02}(TiO_2)_xSe_{0.5}Te_{0.5}$ (x = 0.04, 0.1, 0.3). Состав $Fe_{1.02}Se_{0.5}Te_{0.5}$ был выбран в качестве исходного, так как это соединение обладает наибольшей критической температурой в ряду $Fe_{1.02}Se_{1-y}Te_y$. Оксид титана был выбран исходя из предположения, что атомы титана не будут иметь в соединениях собственного магнитного момента и, кроме того, ионы кислорода будут частично замещать позиции в подрешетке халькогена.

Установлено, что исходное соединение $Fe_{1.02}Se_{0.5}Te_{0.5}$ является двухфазным: наряду со сверхпроводящей тетрагональной фазой типа PbO присутствует небольшое количество гексагональной фазы типа NiAs. В допированных образцах $Fe_{1.02}(TiO_2)_xSe_{0.5}Te_{0.5}$ с содержанием оксида титана x = 0.04 и 0.1 выявлено образование еще одной тетрагональной фазы, обладающей бóльшим значением параметра c. Увеличение концентрации оксида титана в образцах до x = 0.3 приводит к образованию ильменита; в этом образце также найдены следы непрореагировавшего оксида титана.

Тетрагональная фаза является сверхпроводящей в том случае, если значение параметра c не превышает значения для чистой фазы FeTe, равного 6.276 Å [5]. Установлено, что синтезированные нами образцы $Fe_{1.02}(TiO_2)_xSe_{0.5}Te_{0.5}$ с содержанием оксида титана $x < 0.3$ содержат две тетрагональные фазы со значениями параметра c = 6.031 и 6.377 Å для образца с x = 0.04, c = 6.045 и 6.349 Å для образца с x = 0.1. В образце с концентрацией оксида титана x = 0.3 также присутствует тетрагональная фаза с параметром c = 6.073 Å, которая, как предполагается, должна быть сверхпроводящей.

Измерения электросопротивления показали, что наличие тетрагональной фазы со значением параметра $c < 6.276$ Å является необходимым условием для образования сверхпроводимости в образцах данного типа. При этом, в образце с y = 0.3, несмотря на выполнение данного условия, нулевое сопротивление не достигается из-за большого объема примесных фаз.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № FEUZ-2020-0054).

1. Takano Y., Mizuguchi Y., Journal of the Physical Society of Japan, 79, 102001 (2010).
2. Yadav A.K., Kumar S., Sanchela A.V., Thakur A.D., Tomy C.V., Solid State Communications, 202, 8-13 (2014).
3. Mizuguchi Y., Deguchi K., Tsuda S., Yamaguchi T., Takano T., Europhysics Letters, 90, 57002 (2010).
4. Thakur G.S., Haque Z., Neha P., Gupta L.C, Patnaik S., Ganguli A.K., Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie, 640, 1159–1163 (2014).
5. Mizuguchi Y., Tomioka F., Tsuda S., Yamaguchi T., Takano Y., Journal of the Physical Society of Japan, 78(7), 074712 (2009).

МАГНИТОСТАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ $(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_X(SiO_2)_{100-X}$

Тарасова О.С.[1], Ситников А.В.[1], Клапанов А.В.[1]

[1)] Воронежский Государственный Технический Университет
E-mail: anton.klapanov@yandex.ru

MAGNETOSTATIC PROPERTIES OF FUNCTIONAL RADAR ABSORBING NANOCOMPOSITE COATINGS $(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_X(SiO_2)_{100-X}$

Tarasova O.S.[1], Sitnikov A.V.[1], Klapanov A.V.[1]
[1)] Voronezh State Technical University

In this work, structures that absorb electromagnetic radiation were obtained and investigated. The results of the study showed excellent high-frequency properties of functional thin-film coatings.

Использование материалов, поглощающих СВЧ излучения, в настоящее время стало предметом пристального внимания, поскольку возник ряд серьезных проблем таких, как электромагнитные помехи, загрязнение электромагнитных волн, электромагнитная совместимость связанных электронных устройств и проблема радиолокационной заметности [1].

В данной работе были исследованы структуры, поглощающие электромагнитное излучение на основе резистивных частотно-избирательных решеток, где в качестве резистивного материала используется композит $(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_X(SiO_2)_{100-X}$. Выбор композита в качестве резистивного слоя обусловлен как простотой изменения удельного электрического сопротивления гетерогенного покрытия путем варьирования соотношений диэлектрической и металлической компонент, так и замечательными высокочастотными магнитными свойствами $(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_X(SiO_2)_{100-X}$, что является необходимым условием для создания радиопоглощающих покрытий.

Для исследования влияния электрических, магнитных и диэлектрических параметров на функциональные свойства резистивных частотно-избирательных решеток, было получено несколько систем образцов на полимерные подложки и ситалловые образцы свидетели, напыления производились в два этапа.

Частотные зависимости действительной и мнимой частей комплексной магнитной проницаемости были получены путем сравнения резонансных характеристик полуволнового коаксиального резонатора без образца и с образцом, помещенным в пучность магнитного поля стоячей волны. Диапазон измеряемых частот составлял 0,3÷10 ГГц. Для композита $(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_{66,1}(SiO_2)_{33,9}$ значения действительной и мнимой частей комплексной магнитной проницаемости показало максимум мнимой части (μ") комплексной магнитной проницаемости соответствующий частоте естественного ферромагнитного резонанса и составляет

$f_{рез}$≈1,51 ГГц. Значения μ" существенно выше нулевых во всем диапазоне измерений (0,3-10 ГГц). В тоже время μ' в области частот порядка 0,3-3 ГГц испытывает значительное уменьшение. Максимальная величина μ" совпадает с частотой резкого изменения μ'.

Результаты исследования частотных зависимостей комплексной магнитной проницаемости выявили прекрасные высокочастотные свойства функциональных тонкопленочных покрытий с частотами естественного ферромагнитного резонанса в пределах 0,7 – 2,75 ГГц, характерных для всех исследуемых образцов. Таким образом, использование магнитных композиционных пленок в качестве распределенного резистивного слоя, является перспективным в создании широкополосных радиопоглощающих структур на основе частотно-избирательных решеток.

Работа была выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-42-363011 р_мол_а

1. O. S. Tarasova, Yu. E. Kalinin, A. V. Sitnikov, and L. I. Yanchenko, Physics, Technologies and Innovation (PTI-2017) AIP Conf. Proc. Vol. 1886, P.020051-1–020051-4.

КВАНТОВЫЙ ПЕРЕДАТЧИК СИГНАЛА, СКОНСТРУИРОВАННЫЙ НА ОСНОВЕ АТОМОВ ПЕРЕХОДНОГО МЕТАЛЛА

Кашин И.В.[1], Кокорина А.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: anas.kokorina2017@yandex.ru

QUANTUM TRANSMITTER ENGINEERING BASED ON TRANSITION METAL ADATOMS

Kashin I.V.[1], Kokorina A.I.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

We suggest a model of nanoscale quantum transmitter, based on isotropic exchange interactions between transition metal atoms on a surface. Under consideration is nanosystem of antiferromagnetically coupled dimers, forming a ferromagnetic conducting line. It was shown that spatially localized external magnetic influence (SLEMI) can serve as the binary signal to be sent through the line with no essential loss; as value of classical spin length increases, the signal value gradually goes to saturation.

Прогресс в области квантовых вычислений приковывает внимание исследователей к разработке новых фундаментальных и прикладных методов повышения скорости работы квантового компьютера [1-4]. На данный момент связь

между различными модулями разработана на базе классической физики или, по крайней мере, квазиклассической, однако для ее улучшения можно использовать квантовую передачу сигнала.

Целью данной работы явилось создание модели квантового передатчика сигнала, предназначенной для функционирования в нормальных магнитных полях при относительно низких температурах (~10 К) и исследование зависимости сигнала от модуля классического спина. Поскольку сигнал является результатом изотропных обменных взаимодействий между отдельными атомами переходного металла (ТМ), модель была записана в форме Гейзенберга и решена с помощью полной диагонализации.

Для теоретического исследования способности атомов переходного металла, адсорбированных на поверхности, передавать сигнал, мы предлагаем вполне определенную геометрию системы, которая может быть интерпретирована как модифицированная одномерная ферромагнитная спиновая цепочка. В рамках данной геометрии каждый спин наделяется другим соседним спином, связанным с ним антиферромагнитно (Рис. 1).

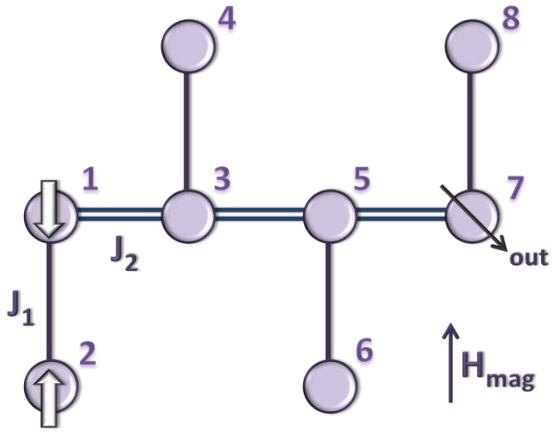


Рис. 1. Схематическое изображение рассматриваемой модели. Жирные стрелки показывают направление «классических» спинов. Одинарные и двойные линии обозначают обменную связь AFM (J_1) и FM (J_2) соответственно. Крайний правый спин базовой цепи FM помечен как «out»

SLEMI в модели осуществляется как допущение, что один из димеров является полностью классическим, в то время как пропускная способность оценивается как $\langle \hat{S}_7^Z \rangle$, где 7 – индекс последнего спина исходной ферромагнитной цепи. Тогда гамильтониан можно записать как:

$$\widehat{H} = \sum_{p=1}^{2} \sum_j J_{pj} \cdot \boldsymbol{K}_p \, \widehat{\boldsymbol{S}}_j + \sum_{\langle i,j \rangle} J_{ij} \cdot \widehat{\boldsymbol{S}}_i \, \widehat{\boldsymbol{S}}_j - H_{mag} \cdot \sum_j \hat{S}_j^Z \,,$$

где $\boldsymbol{K}_p$ – векторы «классических» спинов (p=1 обозначает спин на исходной линии, p=2 – его сосед в димере), $|\boldsymbol{K}_p| = S_j = 1/2$, и $\boldsymbol{H}_{mag} = (0,\ 0,\ H_{mag})$ – внешнее магнитное поле. Заметим, что первый член в формуле может быть интерпретирован как специфический тип анизотропии одного узла, модулируемой величиной спина и обменным взаимодействием. Поскольку мы должны придать $\boldsymbol{K}_p$ значение двоичного сигнала рассмотрим $\boldsymbol{K}_1 = (0,\ 0, -1/2)$ и $\boldsymbol{K}_2 = (0,\ 0,\ 1/2)$, положим отрицательный знак $\langle \hat{S}_7^Z \rangle$ как индикатор эффективности передачи. Проводя полную диагонализацию гамильтониана в матричном представлении, $\langle \hat{S}_7^Z \rangle$ можно рассчитать как:

$$\langle \hat{S}_7^Z \rangle = \frac{1}{Z} \sum_n \langle \varphi_n | \hat{S}_7^Z | \varphi_n \rangle \cdot e^{-E_n/T}$$

где Z – статистическая сумма, $|\varphi_n\rangle$ – собственное состояние гамильтониана, T – температура в энергетическом представлении.

В качестве первого шага нормализуем параметры модели, установив $J_2 = -1$ отн.ед. Моделирование системы при низкой температуре (T = 0.02 отн.ед.) выявил немонотонный характер $\langle \hat{S}_7^Z \rangle$ как функции J_1.

Рассмотрим интенсивность пика $\langle \hat{S}_7^Z \rangle$ как функцию длины классического спина (в качестве аргумента возьмем значение J_1, при котором наблюдается пиковая пропускная способность).

Видно, что при увеличении длины классического спина значение сигнала $\langle \hat{S}_7^Z \rangle$, постепенно увеличиваясь, выходит на насыщение. Если будем увеличивать число димеров в системе, то проводимость сигнала будет уменьшаться.

Нами была разработана модель квантового передатчика, способность распространять сигнал по димеризованной спиновой цепи без подавления внешним магнитным полем.

Наши расчеты продемонстрировали, что увеличение длины системы путем добавления димеров приводит к уменьшению пропускной способности. Предполагая 1 отн. и. равное 10 мэВ приводит к оценке рабочей температуры в 5–10 К, что указывает на реальные перспективы совершенствования квантовых компьютеров с помощью нового типа связи.

1. J. D. Biamonte et al., Nature 573, 190–191 (2019)
2. G. J. Mooney et al., Sci. Rep. 9, 13465 (2019)
3. E. Grant et al., Npj Quantum Inf. 4, 65 (2018)
4. H. Ren and Y. Li, Phys. Rev. Lett. 123, 140405 (2019)

МЕТОДИКА РАЗДЕЛЕНИЯ ВКЛАДОВ В ФИЗИЧЕСКОЕ УШИРЕНИЕ ЛИНИЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКЦИИ НА ПРИМЕРЕ ЛЕГИРОВАННОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Колесова М.Ю.[1], Денисова О. В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: monika.kolesova03@gmail.com

METHOD OF SEPARATION OF CONTRIBUTIONS TO THE PHYSICAL BROADENING OF X-RAY DIFFRACTION LINES ON THE EXAMPLE OF DOPED ZIRCONIUM DIOXIDE

Kolesova M.Yu.[1], Denisova O.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The Williamson-Hall method were used to estimate the crystallite sizes and lattice strain of polycrystalline zirconium dioxide ceramics analyzing the form of their XR-diffraction peaks.

Керамики на основе диоксида циркония отличаются уникальными свойствами - прочностью, износостойкостью, биосовместимостью, что обусловливает их широкое применение в технике и медицине. Диоксид циркония, ZrO_2 известен в трех кристаллических модификациях: моноклинной, тетрагональной и кубической, причем последние две в механическом плане наиболее прочны, поэтому при синтезе образцов необходимо контролировать процесс фазообразования. Однако, как показали исследования [1], при легировании керамик оксидами металлов с целью стабилизации тетрагональной и кубической фаз, необходимо также контролировать размер зерен, так как только микрозернистые образцы обладают хорошими трибологическими свойствами.

Метод рентгеновской дифракции, как известно, позволяет решать обе поставленные задачи. Причем размеры областей когерентного рассеяния (ОКР) D оцениваются по уширению дифракционных максимумов. Однако, на ширину пиков влияет также величина микронапряжений ε, поэтому существует проблема разделения вкладов от этих двух механизмов в итоговую ширину линии β. Обычно для разделения вкладов применяют метод Вильямсона-Холла, который основан на разной зависимости двух механизмов уширения линии от угла рентгеновской дифракции θ:

$\beta_{ОКР} = k\lambda / (D \cdot \cos\theta)$,

$\beta_{\varepsilon} = 4\varepsilon \cdot \mathrm{tg}\theta$,

где k=const ≈ 1, коэффициент формы, λ - длина волны рентгеновского излучения. Причем, правило учета вкладов уширения зависит от формы дифракционной линии [2]:

Лоренц: $\beta = \beta_{ОКР} + \beta_{\varepsilon}$,
Гаусс: $\beta^2 = \beta_{ОКР}^2 + \beta_{\varepsilon}^2$

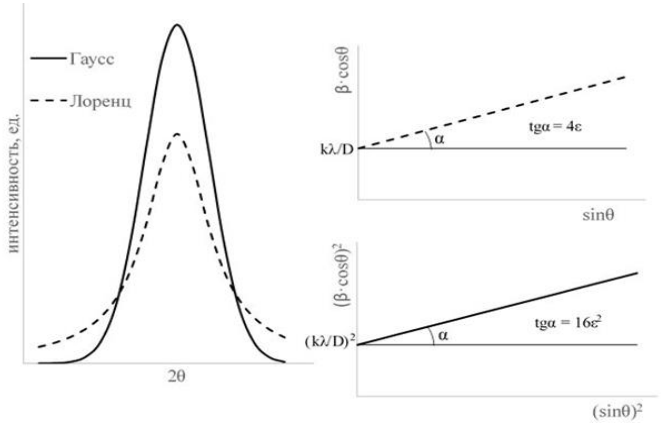


Рис. 1. Применение метода Вильямсона-Холла с учетом формы дифракционной линии.

В данной работе мы исследовали образцы ZrO_2, синтезированные на кафедре редких металлов и наноматериалов физико-технологического интситута УрФУ. Были измерены ОКР и микронапряжения в предположении разных форм дифракционных линий, и в соответствии с этим выбирались координаты для построения линейной зависимости по методу Вильямсона-Холла (Рис. 1). Сравнительный анализ результатов измерений показал, что истинная форма линий является линейной комбинацией Гауссова и Лоренцева вкладов с различными весовыми коэффициентами.

1. Zhigachev, Andrey Olegovich Synthesis, structure and properties of nanostructured zirconium ceramics based on natural mineral - baddeleyite: thesis of candidate of physical and mathematical Sciences, 21.12.2016
2. Plyasova L. M. Introduction to radiography of catalysts. Textbook / Novosibirsk 2010 / 58 p. http://catalysis.ru

ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ СПЛАВОВ ГЕЙСЛЕРА СИСТЕМЫ MN_2YAL (Y = TI, V, CR, MN, FE, CO, NI)

Коренистов П.С.[1, 2], Доможирова А.Н.[1], Семянникова А.А.[1], Перевозчикова Ю.А.[1], Шишкин Д.А.[1], Марченкова Е.Б.[1], Марченков В.В.[1, 2]

[1)] Институт физики металлов УрО РАН, 620108 Россия, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18
[2)] Уральский федеральный университет, 620002 Россия, Екатеринбург, ул. Мира, 19
E-mail: korenistov@imp.uran.ru

ELECTRORESISTIVITY IN HEUSLER ALLOYS OF Mn_2YAl SYSTEM (Y = Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni)

Korenistov P.S.[1, 2], Domozhirova A. N.[1], Semyannikova A.A.[1], Perevozchikova Yu.A.[1], Shishkin D.A.[1], Marchenkova E.B.[1], Marchenkov V.V.[1, 2]

[1)] Institute of Metal Physics, Ural Branch of RAS, 620108 Russia, Yekaterinburg, ul. S. Kovalevskaya, 18
[2)] Ural Federal University, 620002 Russia, Yekaterinburg, ul. Mira, 19

The Heusler alloys of Mn_2YAl system (Y = Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni) can be attributed to spin gapless semiconductors. The temperature dependences of electroresistivity of the obtained tapes have been measured. The obtained results are being analyzed in a frame of modern conceptions of SGS-state.

В 2008 году был предсказан новый класс материалов – спиновые бесщелевые полупроводники (СБП), которые обладают необычной зонной структурой: наличием широкой ($\Delta E \sim 1$ eV) щели на уровне Ферми для носителей тока со спином вниз и нулевой энергетической щелью для носителей со спином вверх. Поскольку в таких СБП-материалах можно реализовать близкую к 100% спиновую поляризацию носителей тока, то они могут найти практическое применение в устройствах и приборах спинтроники [1].

Известно, что к данному типу материалов могут относиться сплавы системы Mn_2YAl (Y = Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni), физические свойства которых к настоящему времени изучены недостаточно. Поэтому с помощью метода быстрой закалки из расплава (БЗР) (скорость охлаждения> 106 K/сек) были получены ленты данных сплавов и измерены температурные зависимости их сопротивления от 78 до 300 K.

В результате исследований показано, что величина электросопротивления всех сплавов превышает 200 мкОм·см, а для соединения Mn_2FeAl достигает значения 600 мкОм·см. При этом для сплавов с V и Ni температурная зависимость сопротивления имеет «металлический» вид, т.е. возрастает с ростом температуры, а для соединений с Cr, Fe, Mn и Co – «полупроводниковый», уменьшаясь с ростом T. Для сплава Mn_2TiAl величина сопротивления практически не зависит от температуры в широком температурном интервале от 78 до 300 K.

Полученные результаты анализируются в рамках современных представлений о СБП-состоянии и делаются выводы о возможном его наблюдении в исследованных сплавах.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (темы «Спин», № АААА-А18-118020290104-2, «Магнит» № АААА-А18-118020290129-5) при частичной поддержке РФФИ (проекты № 18-02-00739 и 18-32-00686), Комплексной программы УрО РАН (проект № 18-10-2-37) и Правительства Российской Федерации (постановление № 211, контракт № 02.A03.21.0006).

1. X. L. Wang, Phys. Rev. Lett. 100, 156404 (2008).

LUMINESCENCE OF RADIATION DEFECTS IN Bi IMPLANTED SILICA GLASS

Koubisy M.S.I.[1, 2], Zatsepin A.F.[1], Shtang T.V. [1], Biryukov D.Yu.[1], Gavrilov N.V. [3], Mamonov A.P. [1]

[1)] Institute of Physics and Technology, Ural F. University,620002Yekaterinburg, Russia
[2)] Department of Physics, Faculty of Science, Al-Azhar University, 71542, Egypt.
[3)] Institute of Electrophysics, Russian Academy of Sciences, Ural Branch, 620990 Yekaterinburg, Russia
E-mail: m.s.i.koubisy@gmail.com

The photoluminescence of silica glass with implanted Bi ions is investigated by luminescence spectrometer PerkinElmer LS 55. The goal of the work was to study the optically active defects arising during the implantation process Bi ions in silica glass KUVI.

The samples of silica glass were used as hosts for implantation with Bi+ ions. Before implantation, the samples were washed in an ultrasonic bath for 25 minutes in acetone and alcohols. The vacuum chamber was pumped out to a pressure of P0 (2×10^{-5} – 5×10^{-5}) mmHg in order to refresh the cathode surface and eliminate arcing on the electrodes of the ion-optical system, the ion source trained before implantation at 12.5 Hz, 55-60A, 5-30 KeV for 5-15 minutes with argon pressure of (2×10^{-4} – 3×10^{-4}) mmHg. By controlling the Bi-treatment time, different fluencies (1×10^{16}, 5×10^{16}, 1×10^{17}, 3×10^{17} cm^{-2}) were provided. After implantation, the samples were removed from the vacuum chamber after ~30 minutes. The photoluminescence spectra were obtained using a luminescence spectrometer PerkinElmer LS 55. The spectral widths of the input and output monochromators slits were set to 2 nm, and the photomultiplier voltage was 650 V

The photoluminescence (PL) spectra under excitation 5.0 eV in the registration region from 2.5 to 3.5 eV were measured at room temperature. The PL and excitation (PLE) spectra of Bi-implanted SiO_2 are shown in Fig1. At 5 eV excitation, the luminescence spectrum contains five main bands with maxima at, 2.59eV (FWHM = 0.18 eV), 2.95 eV (FWHM = 0.1 eV), 3.03 eV (FWHM = 0.18 eV), 3.2 eV (FWHM = 0.18 eV) and 3.35 eV (FWHM = 0.2 eV). The 2.95 eV and 3.03 eV PL bands are

characteristic of triplet-singlet T1 → S0 luminescence transition in various ODC seen in reference [1, 2]. The 2.6eV, 3.2 eV and 3.35 eV PL bands are probably related to transitions of Bi ions [3,4].

As can be seen from Fig. 1a, when luminescence is excited by light quanta with an energy of 5 eV, the intensity of all PL bands decreases with increasing fluence from 10^{16} to 3×10^{17} cm^{-2}. However, the measurement of the excitation spectra upon recording in the PL band of 3.2 eV showed that at the decrease in the excitation band of ODC centers at 5.05 eV increases the band of Bi-related centers at 5.48 eV (Fig. 1b). This can be interpreted as the ion stimulated transformation of centers one type to another.

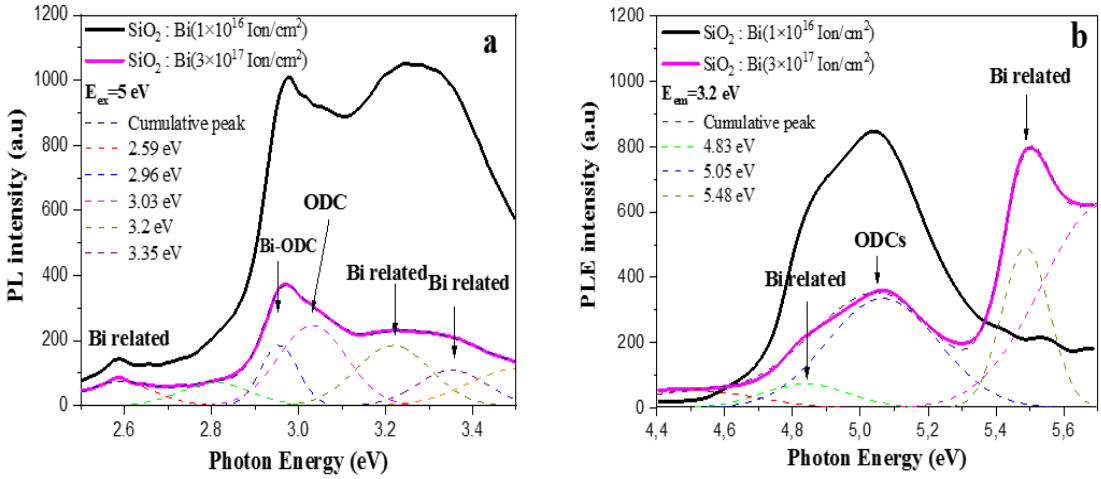


Fig. 1. The PL spectra upon excitation of 5 eV (a) and the PLE spectra upon registration of 3.2 eV (b) measured at room temperature in SiO_2 samples implanted with Bi ions with fluences of 10^{16} and 3×10^{17} cm^{-2}. Dashed maxima show the results of Gaussian deconvolution of the spectra.

In summary, the results demonstrated that the PL excitation and emission mainly associated with ODCs and Bi-related centers. When increased fluence Bismuth implanted in SiO_2 the ODCs excitation band decreases but the excitation band of Bi-related centers is increasing. This effect can be interpreted as a transformation of luminescence centers.

1. L. Skuja, J. Non-Cryst. Solids 239 (1998) 16-48.
2. A.F. Zatsepina, Y.A. Kuznetsova, T.V. Shtang, A.N. Mikhaylov, M.S.I. Koubisy, J. Non-Cryst. Solids 529 (2020) 119775.
3. A. Alessia, S. Girarda, A. Moranaa, D. Di Francescaa, H. El Hamzaouib, G. Bouwmansb, M. Bouazaouib, A. Boukentera, Y. Ouerdane,J. Optical Materials 84 (2018) 663–667.
4. Oleksii V. Laguta, Hicham El Hamzaoui, Mohamed Bouazaoui, Vladimir B. Arion, Igor M. Razdobreev, J. Scientific Reports Vol.7(2017) 3178.

MULTILAYERED SENSITIVE ELEMENT BASED ON MAGNETOIMPEDANCE FOR PRESSURE MEASUREMENTS: ROLE OF THE Fe_XNi_{100-X} COMPOSITION VARIATIONS

Kozlov N.V.[1], Chlenova A.A.[1], Volchkov S.O.[1], Lepalovskij V.N.[1], Kurlyandskaya G.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russian Federation
E-mail: nkzfcm3@gmail.com

Thin-film based magnetoimpedance sensitive elements are interesting for technological applications because of their very high sensitivity with respect to applied magnetic field. In this work a comparative analysis of experimental data and modeling of the MI response under external pressure was done.

Thin-film based magnetoimpedance (MI) sensitive elements are interesting for technological applications because of their very high sensitivity with respect to applied magnetic field [1]. The MI phenomenon is a change in the complex resistance (Z) of a ferromagnetic conductor in an external magnetic field when a high-frequency alternating current flows through it. The best sensitivity of an MI sensor based on thin films was achieved in a symmetric sandwich structure with the thicknesses of the magnetic and conductive layers close to each other [2]. An increase in the magnetostriction constant of magnetic layers leads to an increase in the sensitivity of the sensor to changes in external pressure. Although a prototype of thin film MI pressure sensor was previously presented resently [3] the sensitivity of device needs to be improved. In this work a comparative analysis of experimental data and modeling of the MI response under external pressure was done. The small range of external pressures was included aiming to investigate MI sensitivity limit.

The multilayered permalloy structures with a thickness below the “transcritical” separated by non-magnetic interlayers were proposed in order to exclude the occurrence of a “transcritical” state of the films [2]. In this work, $[FeNi/Cu]_x/Cu/[FeNi/Cu]_x$ structures were designed and tested. They were deposited by magnetron sputtering onto glass substrates in 100 Oe external magnetic field to create induced magnetic anisotropy along the short side of the element. An increase in the percentage of nickel in FeNi leads to a decrease in the saturation magnetization and a significant increase in the magnetostriction coefficient. Samples S1, S2, S3 with permalloy composition S1: $Fe_{19}Ni_{81}$, S2: $Fe_{13}Ni_{87}$, S3: $Fe_{10}Ni_{89}$ (composition was defined using EDX analysis) were investigated. To measure the impedance components, MI spectroscopy complex based on an Agilent E4991 analyzer was used. A theoretical study was carried out by solving partial differential equations using the finite element method in the Comsol Multiphysics software package (AC/DC library). The model structure was FeNi(500 nm)/Cu(500 nm))/FeNi(500nm) (film length - 10 mm, width - 0.5 mm). Mesh-splitting was applied to the model using functions “free tetrahedral” and “boundary layers”. The model solved the Maxwell equations system with integrated functions that describe the dynamic properties of the object.

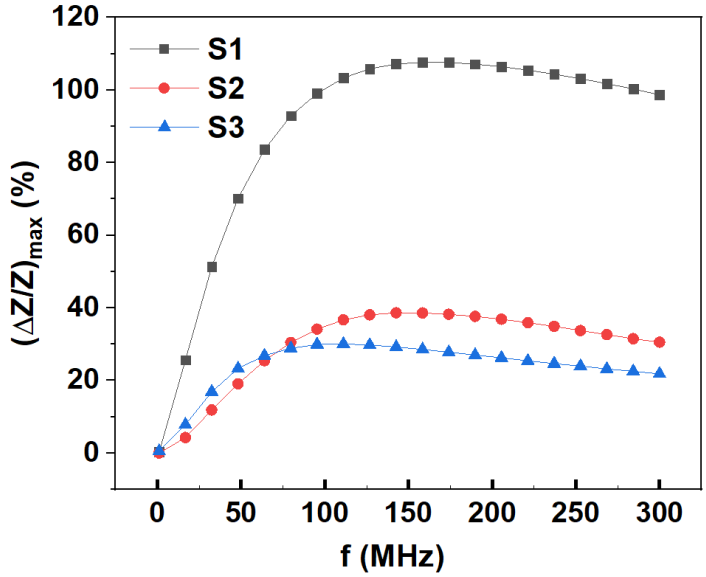


Fig. 1. Frequency dependence of the maximum MI ratio for S1,S2 and S3 multilayered structures.

The MI ratio was calculated as $\Delta Z/Z=100\%\times[Z(H)-Z(H_{max})]/Z(H_{max})$, where Hmax =100 Oe. The sensitivity of 0.06%/Pa was obtained in the work [3] for the structure based on Fe19Ni81 films with close to zero magnetostriction. The maximum value of the MI ratio in the frequency dependence for S1 was 108%, S2 – 39%, S3 – 30% (Fig. 1). The highest MI ratio of 108 % was obtained for S1 sample insuring very good sensitivity for the pressure measurements by MI element with being as high as 0.16 %/Pa.

The results were obtained under financial support of the state task of the Ministry of Education and Science of Russia 3.6121.2017/8.9.

1. V. E. Makhotkin, B. P. Shurukhin, V. A. Lopatin, P. Yu. Marchukov and Yu. K. Levin, Sens. Act. A 27, 759–762 (1991).
2. S. O. Volchkov, E. Fernandez, A. Garcia-Arribas, J. M. Barandiaran, V. N. Lepalovskij and G. V. Kurlyandskaya, IEEE Trans. Magn. 47, 3328–3331 (2011).
3. A. A. Chlenova, V. N. Lepalovsky, V. O. Vas'kovskiy, A. V. Svalov and G. V. Kurlyandskaya, AIP Conference Proceedings 1886, 020005 (2017)
4. L. V. Panina, K. Mohri, T. Uchyama, and M. Noda, IEEE Trans. Magn. 31(2), 1249 (1995)

РАССЕЯНИЕ УКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ГРАФЕНЕ С УЧЁТОМ ТЕПЛОВЫХ КОЛЕБАНИЙ АТОМОВ

Крайнова А.А.[1], Макаров Д.Н.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
E-mail: alinakrajnova@yandex.ru

USP SCATTERING OF AN ELECTROMAGNETIC FIELD ON GRAPHENE TAKING INTO ACCOUNT THERMAL VIBRATIONS OF ATOMS

Kraynova A.A.[1], Makarov D.N.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

The USP scattering spectra of an electromagnetic field on graphene are studied taking into account thermal vibrations of atoms. It is shown that thermal vibrations of atoms can significantly change the scattering spectra in the x-ray frequency range.

Обычно явление дифракции рентгеновских лучей на различного рода периодических структурах описывается как рассеяние плоских волн бесконечной длительности по времени [1]. Рассеяние аттосекундных импульсов электромагнитного поля на такого рода структурах до настоящего времени мало исследованы теоретически. Например, в работе [2] впервые рассмотрены интерференционные спектры при ассеянии аттосекундных импульсов электромагнитного поля листами графена. Получены общие выражения для расчетов спектральных распределений.

В работе [3] были исследованы спектры рассеяния графена с учётом его дефектов. Исследований спектров рассеяния графена с учётом тепловых колебаний атомов до настоящего времени не проводился и имеет научный интерес. Тем более, недавно было показано [4], что тепловые колебания атомов, при рассеянии УКИ электромагнитного поля, могут приводить к существенным изменениям спектров. В данной работе показано, что тепловые колебания атомов графена могут существенно менять спектры рассеяния УКИ.

1. John M. Cowley // Diffraction Physics. North-Holland, Amsterdam (1975)
2. Makarov D. N., Matveev V. I., Makarova K. A. Interference Processes During Reradiation of Attosecond Pulses of Electromagnetic Field by Graphene // Russian Physics Journal, V. 61, p. 19– 24 (2018)
3. Makarova K.A., Eseev M.K., Makarov D.N., Scattering of ultrashort electromagnetic field pulses by graphene, AIP Conference Proceedings 2174, 020135 (2019)
4. Матвеев В.И.., Макаров Д.Н. Влияние дефектов в регулярных наносистемах на процессы интерференции при переизлучении аттосекундных импульсов электромагнитного поля. // Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики, т. 103, N 4, с. 314–319 (2016)

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ Gd_2O_3 ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ РЕАКЦИОННОГО ТЕРМИЧЕСКОГО ИСПАРЕНИЯ В АНОДНОЙ ДУГЕ

Кривошапко С.В.[1], Каменецких А.С. [1]

[1)] Институт электрофизики УрО РАН, 620016 Екатеринбург, Россия
Уральский федеральный университет, 620002. Екатеринбург, Россия
E-mail: sergei_009_08@mail.ru

INVESTIGATION OF THE CONDITIONS OF Gd_2O_3 COATINGS DEPOSITION BY REACTIVE THERMAL EVAPORATION IN THE ANODE ARC

Krivoshapko S.V.[1], Kamenetskikh A.S.[1]

[1)] Institute of Electrophysics, UB RAS, Yekaterinburg, 620016 Russia. Ural Federal University, Yekaterinburg, 620002, Russia

Single-phase Gd_2O_3 coating was deposited by the reactive anodic thermal evaporation in a high-current low-pressure discharge. The effect of the discharge current and the magnetic field in the region of the evaporating Ga anode on the coatings deposition rate is studied, and the possibility of its ad

Оксид гадолиния (Gd_2O_3) характеризуются высокой термической и химической стабильностью, большой шириной запрещенной зоны (~5,2 эВ) и имеет высокие значения диэлектрической константы (~16) [1], благодаря чему привлек внимание, как альтернативный традиционному SiO_2 материал для применения в полевых транзисторах со структурой металл-оксид-полупроводник [2]. Толщина покрытий из Gd_2O_3 в таких устройствах не превышает 1 мкм, а для их нанесения используют низкоскоростные (менее 100 нм/ч) методы, такие как магнетронное распыление [3], молекулярно-пучковая эпитаксия [4], электролитическое осаждение [5]. Возрастает потребность и в более толстых покрытиях, способных сохранять электрическую прочность при высоких напряжениях, повысить чувствительность твердотельных нейтронных детекторов [6], обеспечить эффективную работу элементов оптических систем в УФ диапазоне 0,19-16 мкм [7]. На сегодняшний день для получения толстых Gd_2O_3 покрытий с высокой (вплоть до 5 мкм/ч) скоростью применяют метод электронно-лучевого испарения, в котором регулировка структурно-фазового состояния и свойств покрытий осуществляется изменением парциального давления кислорода и температуры подложек [8].

В настоящей работе для получения Gd_2O_3 покрытий предложено использовать метод, основанный на реакционном анодном термическом испарении в сильноточном разряде. В отличие от электронно-лучевого испарения, реализация метода не требует использования технически сложной электронной пушки и сопутствующих устройств, обеспечивающих подачу высокого напряжения и защиту от ионизирующего излучения. Плазма генерируется в разряде с малогабаритным

(диаметр 12 мм, длина 70 мм) самонакаливаемым полым катодом, способным устойчиво работать в широком диапазоне токов (вплоть до 100 А) и потоков кислорода в реакционный объем (до 200 $см^3$/мин). Электронный ток разряда замыкается на анод-тигель, изготовленный из тантала. Изменением тока разряда регулируется температура Ga (чистота 99,9 %), помещенного в тигель, и давление его паров в широком диапазоне значений (10^{-4}-10^{-3} Торр). Активное охлаждение не допускает взаимодействие расплава со стенками тигля и появление примесей в потоке испаренных атомов. Плотность мощности на поверхности мишени, необходимая для разогрева до температур испарения, достигается сжатием потока электронов неоднородным магнитным полем короткого соленоида с максимумом индукции 20 мТл.

По результатам экспериментальных исследований показано, что метод обеспечивает регулировку скорости нанесения Gd_2O_3 покрытий от 0,1 до 2 мкм/ч. Таким образом, реализуются режимы, предпочтительные для получения как тонких, так и толстых покрытий, и возможность регулировки оптических свойств покрытий, на которые, согласно [7], оказывает влияние скорость роста покрытия.

Методом оптической спектроскопии исследован состав плазмы разряда с испаряющимся Ga анодом. Установлено, что в потоке испаренных частиц преобладают ионы Ga^+. Высокая степень ионизации (более 50 %) потока Ga способствует снижению температуры синтеза

1. M. Zinkevich, Prog. Mater. Sci. 52, 597–647 (2007).
2. A. Kahraman, E. Yilmaz. Radiation Phys. Chem. 139, 114-119 (2017).
3. Y. Li et al. J. Crystal Growth 265, 548-552 (2004).
4. J.X. Wang et al. Semicond. Sci. Technol. 24, 045021(2009).
5. I. Zhitomirsky, A. Petric. Mater. Lett. 42, 273-279 (2000).

ПОЛУЭМПИРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МОЛЕКУЛЫ ВОДЫ С ДВУМЕРНЫМИ НАНОСТРУКТУРАМИ

Одинаев Ш.Р.[1], Кудинова М.С.[1], Борознина Е.В.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет
E-mail: mari_kudi99@mail.ru

SEMI-EMPIRICAL RESEARCH OF INTERACTION THE MOLECULAR OF WATER AND TWO-DIMENSIONAL NANOSTRUCTURES

Odinaev Sh.R.[1], Kudinova M.S.[1], Boroznina E.V.[1]
[1)] Volgograd state University

The possible connection between H_2O molecular and surfaces of 2D-sheets (boron, h-BN, graphene) have been studied. The calculations were carried out within the DFT method. H_2O attacking has been simulated by step-by-step approach to the sheets. The basic energetic characteristics have been found.

Исследование взаимодействия молекулы воды с поверхностью двумерных материалов является важной прикладной задачей. Такие комплексы могут использоваться в качестве водных фильтров или самостоятельно, поскольку известно, что вода способна менять проводящие характеристики некоторых наноструктур. Исследованию взаимодействия графена с водой посвящено много теоретических [1] и экспериментальных работ [2, 3]. В связи с бурным развитием синтеза новых двумерных материалов, интерес представляет распространение исследований и на другие аналоги графена.

Нами было проведено исследование взаимодействия молекулы воды с борным альфа-слоем (α-BS) и гексагональным нитридом бора (h-2D-BN) [4]. Расчеты проводились методом функционала плотности [5] в рамках модели молекулярного кластера (МК).

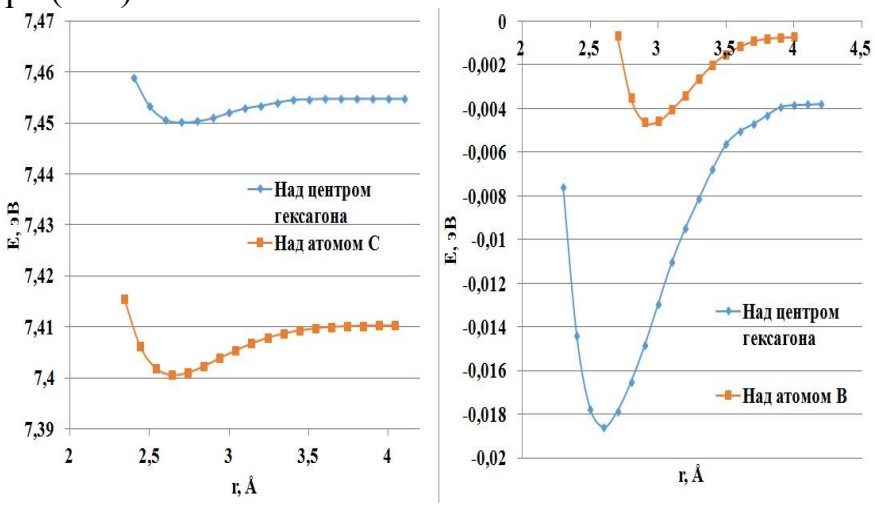


Рис. 1. Профили поверхности потенциальной энергии присоединения воды к нанослоям

В качестве адсорбционных центров нами выбирались атомы слоев и центры гексагонов. Молекула воды пошагово приближалась к выбранным центрам с шагом 0,1 Å. В результате были построены профили поверхности потенциальной энергии взаимодействия слоев и молекулы H2O. Определены энергии адсорбции и расстояния адсорбции для различных положений (рис. 1).

Для борного слоя расстояние адсорбции ($R_{ад}$) составляет 2,64 Å и 2,70 Å для положений над атомом и над центром гексагона соответственно, при этом энергия адсорбции ($E_{ад}$) для обоих вариантов составляет приблизительно 7,45 эВ. Также был произведен анализ изменения ширины запрещенной зоны комплексов (Eg) в зависимости от наличия водной молекулы на их поверхности.

1. Voloshina E. On the physisorption of water on graphene: a CCSD(T) study // Phys. Chem. Chem. Phys. (2011) Vol. 13, no. 25. P. 12041.
2. Hong G. On the mechanism of hydrophilicity of graphene // Nano Lett. (2016) Vol.16, no. 7. P. 4447–4453.
3. F. Yavari, et al. Tunable bandgap in graphene by the controlled adsorption of water molecules // Small. (2010) Vol. 6, no. 22. P. 2535–8.
4. Oganov A. "Synthesis of borophenes: Anisotropic, two-dimensional boron polymorphs,"/ Jeffrey R.Guest, Miguel Jose Yacaman, Artem R. Oganov // Science 18 Dec (2015) P. 1513-1516.
5. Сатанин А.М. Введение в теорию функционала плотности. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород, (2009) 64 с.

FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF Co NANOWIRES EMBEDDED INTO THIN ANODIC ALUMINA FILM

Kulesh N.A.[1], Boimyradova S.K.[1], Gorkovenko A.N.[1], Vas'kovskiy V.O.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics (IMP), UB RAS, Ekaterinburg, Russia
E-mail: nikita.kulesh@urfu.ru

In this work we fabricated an array of Co nanowires embedded into a relatively thin anodic alumina matrix placed on top of functional ferromagnetic thin film. Magnetic properties of such a hybrid magnetic structure were studied and compared to Co nanowires grown in a bulk anodic alumina template.

Magnetic nanowires are representative of a novel class of magnetic materials with shape-driven properties, which includes 3D curved magnetic nanostructures and nanoscale patterned films [1]. Nanowires attract much attention due to multiple prospective applications in magnetic sensors and biotechnology [2], novel magnetic memory [3] as well as fundamental research [4]. Here we synthesized and studied short Co nanowires embedded into a thin alumina film deposited on top of functional magnetic film. Such array of short magnetic nanowires (or nanopillars) can be considered as a

promising candidate for multiple applications ranging from magnetic memory and logic to magnetic biosensor.

Thin conducting film of $Fe_{20}Ni_{80}$ (40 nm) (magnetically active layer) or Cu (40 nm) (reference layer) and Al (500 to 800 nm) were sequentially deposited onto the glass substrate by magnetron sputtering. The aluminum layer was anodized by two-stage process using electrochemical cell at room temperature and 40 V. Thin Fe20Ni80 or Cu layer was used as an anode, Pt grid was used as a cathode, and 0.5 M aqueous solution of oxalic acid was used as an electrolyte. Barrier layer thinning protocol was used so AC electrodeposition can be used without the need for a complete oxide layer removal [5]. Co nanowires were grown using an electrolyte containing CoSO4 as a precursor and boric acid to adjust the pH. Morphology of the samples was studied using scanning electron microscopy (SEM). Magnetic properties were studied using vibrating sample magnetometer and magnetooptical Kerr-microscope.

First of all, we ensured that the conducting thin $Fe_{20}Ni_{80}$ layer can be used as stopping layers for complete anodization of Al. Comparison of hysteresis properties measured on a single-layer $Fe_{20}Ni_{80}$ film and $Fe_{20}Ni_{80}$ layers with partially or completely anodized top Al layer revealed that no magnetic properties change can be detected if Al is anodized partially, whereas significant coercivity rise was detected if Al layer is anodized completely. At the same time no significant degradation of $Fe_{20}Ni_{80}$ magnetization was detected even if Al is anodized completely, which indicates that the process of anodization stops at the interface. The fully anodized aluminum film deposited onto the $Fe_{20}Ni_{80}$ layer is shown in Fig. 1.

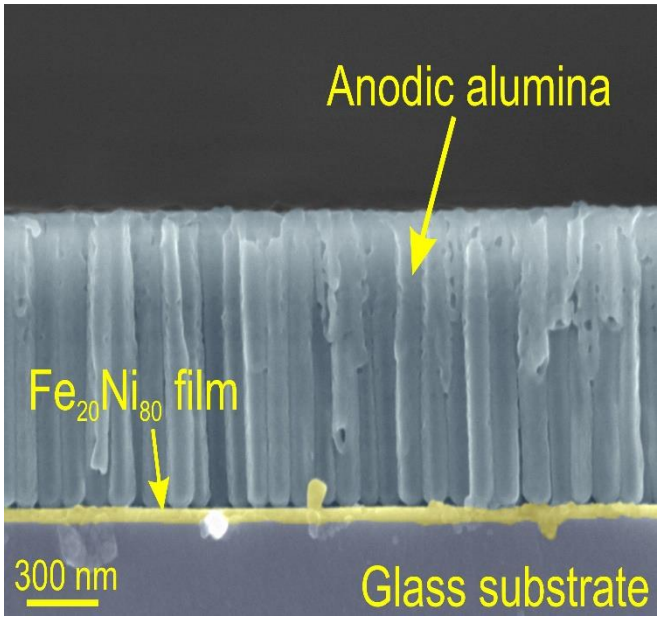


Рис. 1. SEM image obtained on a cleavage of porous anodic alumina film on top of a thin $Fe_{20}Ni_{80}$ layer. The prolonged cylindrical tubes were used for subsequent electrodeposition of Co nanowires. False colors are added for enhanced contrast between different materials

For comparison of magnetic properties of Co nanowires fabricated at different conditions we used magnetic nanowires deposited into bulk anodic alumina foils and into

the anodic alumina film on a thin $Fe_{20}Ni_{80}$ or Cu layer. The last one allowed us to perform a direct comparison with no additional magnetic respond from a magnetic film, whereas nanowire array obtained on the $Fe_{20}Ni_{80}$ film was used to take into account the magnetostatic interaction between the magnetic film and nanowires. As magnetic moment the thin film was relatively weak, Kerr microscopy was used for more in-depth study of hysteresis properties and magnetic domain structure on $Fe_{20}Ni_{80}$ film.

This work was supported by the Russian Science Foundation (Project No 18-72-10044)

1. Staňo M., Fruchart O., Chapter 3 - Magnetic Nanowires and Nanotubes in Handbook of Magnetic Materials Vol. 27, ed. E. Brück, Elsevier, P. 155-267 (2018)
2. Wanekaya A.K., Chen W., Myung N.V., Mulchandan A., Nanowire-based electrochemical biosensors // Electroanalysis, Vol. 18, P. 533-550 (2006)
3. Parkin S.S., Hayashi M., Thomas L., Magnetic domain-wall racetrack memory // Science, Vol. 320, P. 190-194 (2008)
4. Dumitrescu E., Roberts B., Tewari S., Sau J.D., and Sarma S.D., Majorana fermions in chiral topological ferromagnetic nanowires // Phys. Rev. B, Vol. 91, a.n. 094505 (2012)
5. Schiavi P.G., Altimari P., Rubino A., Pagnanelli F. Electrodeposition of cobalt nanowires into alumina templates generated by one-step anodization // Electrochimica Acta, Vol. 259, P. 711-722 (2018)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3-МЕРКАПТОПРОПИЛТРИМЕТОКСИСИЛАНА ДЛЯ СИНТЕЗА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ QDs ZnS В ВОДНОМ РАСТВОРЕ

Кузнецова Ю.В.[1], Попов И.Д.[1], Рempель А.А. [1, 2, 3]

[1)] Институт химии твердого тела Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт металлургии Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия
[3)] НОЦ Нанотех, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: jukuznetsova@mail.ru

3-MERCAPTOPROPYLTRIMETHOXYSILANE FOR SYNTHESIS OF LUMINESCENT ZnS QDs IN AQUEOUS SOLUTION

Kuznetsova Yu.V.[1], Popov I.D.[1], Rempel A.A.[1, 2, 3]

[1)] Institute of Solid State Chemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[3)] NANOTECH Centre, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The present work is devoted to synthesizing the ZnS QDs in aqueous solution and studying the stability and luminescence of ZnS QDs capped by 3-mercaptopropyltrimethoxysilane. Being highly luminescent, the MPS-capped ZnS QDs are promising for imaging in biological applications.

Основными требованиями к квантовым точкам (QDs) в связи с их использованием в биоанализе являются водорастворимость, биосовместимость, узкое распределением частиц по размерам и стабильность при длительном хранении. Водорастворимые QDs можно синтезировать непосредственно в водной среде с использованием стабилизаторов, предотвращающих агломерацию и седиментацию гидрофобных QDs. Ранее [1] был синтезирован стабильный коллоидный раствор наночастиц ZnS с использованием динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты. Однако полученные образцы не проявляли люминесцентных свойств. Целью данного исследования является применение 3-меркаптопропилтриметоксисилана (MPS) в качестве стабилизатора для получения ярких QDs ZnS в водном растворе с использованием одностадийного метода синтеза.

Синтезированы растворы с разной концентрацией ZnS и мольным соотношением ZnS:MPS, а также с изменением последовательности смешивания исходных компонентов и источника ионов цинка для определения условий стабильности растворов. Проведена аттестация полученных образцов методом динамического рассеяния света и малоуглового рассеяния рентгеновского излучения. Кроме этого, изучены оптические свойства QDs ZnS методами абсорбционной и люминесцентной спектроскопии.

Стабильный коллоидный раствор люминесцентных QDs ZnS с использованием MPS удалось получить при концентрации ZnS 1 мМ и мольном соотношении ZnS:MPS от 0.5 до 1. При этом последовательно смешивали источник ионов цинка сначала с MPS, а потом с источником ионов серы. Средний гидродинамический диаметр составил 12±3 нм и дзета-потенциал около 7±2 мВ. Замена источника ионов цинка не привела к значительным изменениям.

По спектру оптического поглощения образца, проявляющего наибольшую стабильность, было рассчитано значение ширины запрещенной зоны Eg, которое составило 4.24 эВ и значительно превысило значение Eg крупнокристаллического ZnS (3.54 эВ), что свидетельствует о квантово-размерном эффекте. Средний размер наночастиц, рассчитанный по уширению запрещенной зоны, составил около 3 нм.

Работа выполнена по Государственному заданию ИХТТ УрО РАН.

1. Кузнецова Ю.В., Казанцева А.А., Рempель А.А. Журнал физической химии, Т.90, Вып. 4, с.625-630 (2016).

ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ В НИОБАТЕ ЛИТИЯ С VTE ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Лисьих Б.И.[1], Грешняков Е.Д.[1], Пряхина В.И.[1], Шур В.Я.[1]

[1)] Институт Естественных Наук и Математики, Уральский Федеральный Университет

E-mail: boris.lisikh@urfu.ru

POLARIZATION REVERSAL IN LITHIUM NIOBATE WITH VTE TREATED SURFACE

Lisjikh B.I.[1], Greshnyakov E.D.[1], Pryakhina V.I.[1], Shur V.Ya.[1]

[1)] School of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University

Polarization reversal in lithium niobate with spatially inhomogeneous distribution of stoichiometry deviation obtained by reduction of annealing time of vapor transport equilibration procedure has been studied. The dependencies of threshold fields on stoichiometry deviation at treated surface have b

Lithium niobate ($LiNbO_3$, LN) crystals have Li-deficient congruent composition (CLN) with 1.5 mol.% deviation from stoichiometry (Δc_{Li}). One of the methods to obtain stoichiometric composition (SLN) is vapor transport equilibration (VTE) procedure [1]. The influence of spatially inhomogeneous Δc_{Li} on polarization reversal under application of electric field in Z-cut plates of LN have been studied.

The VTE procedure with reduced annealing time was used to decrease Δc_{Li} from polar surfaces to the crystal bulk. Single-domain 1-mm-thick CLN plates were annealed at 1050 °C in a ceramic crucible with Li-rich atmosphere (60 mol.% Li_2CO_3 + 40 mol.% Nb_2O_5). VTE annealing ranged from 10 to 70 h allowed to obtain various spatially inhomogeneous deviation of Li concentration. The annealing temperature below Curie point allowed keep the initial single domain state, since paraelectric-ferroelectric phase transition did not occur during cooling.

Two configurations of samples with one treated polar surface VTE@Z+ and VTE@Z- were obtained by cutting each plate in two equal parts, diminishing the thickness of the residual parts by grinding and polishing to the optical grade. Spatial distribution of Li along polar axis was measured by Confocal Raman spectroscopy Alpha AR300 (Witec, Germany) [2].

Polarization reversal was carried out using liquid electrodes (LiCl water solution). Domain kinetics was observed by in situ imaging during polarization reversal using polarizing optical microscope LMA10 (Carl Zeiss, Germany) equipped with high-speed video camera Fastcamera 13 (Fast Vision, USA). The switching was done by series of pulses with discrete increase in the amplitude and one-minute duration followed by one-minute pause in forward and backward directions.

It was shown that the domain nucleation was always obtained at the treated polar surface (VTE@Z+ or VTE@Z-) with lower threshold field and immediately grew through to the opposite polar surface. The threshold field for domain nucleation and immediate forward growth through the plate linearly depended on ΔcLi at the treated polar surface in the inhomogeneous samples. This fact was attributed to forward domain growth along the polar axis by propagation of the interacted charged kinks [3]. The linear dependence on the stoichiometry deviation of the threshold field for formation of plane domain walls and internal bias field for cyclic switching was revealed.

LN plates with VTE treated polar surface can be used for significant decreasing of the poling fields during creation of the periodical domain structures and increasing the effective aperture of the elements for light frequency conversion.

The equipment of Ural Center for Shared Use "Modern Nanotechnology" Ural Federal University was used. The reported study was funded by RFBR, project number 19-32-90050.

1. Zhang D.-L., et al, Cryst. Growth Des., 13, 1793 (2013).
2. Fontana M.D., Bourson P., Appl. Phys. Rev., 2, 040602 (2015).
3. Alikin D.O., et al, Appl. Phys. Lett., 106, 182902 (2015).

ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ НАНОЧАСТИЦАМИ ПЛАТИНЫ И УГЛЕРОДА МЕТОДОМ РФЭС

Жидков И.С.[1], Курмаев Э.З. [1, 2], Литвиненко В.А. [1], Д'Урсо Л.[3]

[1)] Физико-технологический институт, Уральский Федеральный Университет, ул. Мира 19, 620002 Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева, УрО РАН, ул. Софьи Ковалевской 18, 620990 Екатеринбург, Россия
[3)] Кафедра Химических Наук, Университет Катании, Viale Andrea Doria 6, 95125 Катания, Италия
E-mail: Vladiman3x@yandex.ru

XPS STUDY OF THE INTERACTION BETWEEN PLATINUM AND CARBON NANOPARTICLES

Zhidkov I.S.[1], Kurmaev E.Z. [1, 2], Litvinenko V.A. [1], D'Urso L. [3]

[1)] Institute of Physics and Technology, Ural Federal University, Mira Street 19, 620002 Yekaterinburg, Russia
[2)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Russian Academy of Sciences, Ural Branch, S. Kovalevskaya Street 18, 620990 Yekaterinburg, Russia
[3)] Dipartimento di Scienze Chimiche, Universita` di Catania, Viale Andrea Doria 6, 95125 Catania, Italy

In order to improve catalytic materials properties for the reduction of oxygen in numerous applications, various platinum structures and compounds are widely used. This work is devoted to studying the electronic structure and composition of Pt, C and Pt@C NPs with XPS method.

Повышение интенсивности протекания восстановительной реакции кислорода в топливных ячейках является актуальной на сегодняшний день задачей. В качестве катализатора в таких реакциях в основном используются различные соединения и структуры из платины, которая также широко используется и при катализе ряда других реакций. Данная работа посвящена исследованию электронной структуры и состава поверхности материала катализатора в виде наночастиц платины и углерода, полученных методом лазерной абляции в воде и нанесенных на подложку из монокристаллического кремния. Исследования проводились с помощью метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС). В ходе работы были получены спектры остовных уровней углерода, кислорода, кремния и платины, а также обзорные спектры. По полученным спектральным данным был проведен полуколичественный анализ поверхности, а также анализ электронной структуры, который показал, что добавление наночастиц углерода приводит к формированию нанокластеров платины в матрице углерода.

Работа выполнена при поддержке РНФ (Проект 19-72-00001).

1. L. Elbaz, J. Phillips, K. Artyushkova, K. More, E.L. Broshae. Journal of The Electrochemical Society 162, 681-685, (2015).
2. K.J. Armstrong, L. Elbaz, E. Bauer, A. K. Burrell, T. M. McCleskey, E.L. Brosha, J. Mater. Res., 27, 2046, (2012).

ЭЛЕКТРОННЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА SnO_2:Eu

Лосев Т.С.[1], Косых А.С.[1], Ищенко А.В.[1], Машковцев М.А.[1], Жидков И.С.[1]
[1)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: tlosev2014@gmail.com

ELECTRONIC AND OPTIC PROPERTIES OF SnO_2:Eu

Losev T.S.[1], Kosykh A.S.[1], Ischenko A.V.[1], Mashkovtsev M.A.[1], Zhidkov I.S.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We present the results of cathodoluminescence and X-ray photoelectron spectroscopy measurements for SnO_2:Eu. We found that it is possible to control optic properties and amount of oxygen vacancies of SnO_2:Eu through Eu-doping and annealing. The more concentration of Eu the stronger luminescence pr

Диоксид олова SnO_2 широко применяется в катализе, электронике и т.д. В частности, в последние десятилетия большой интерес к SnO_2 обусловлен возможностью применения его в качестве матрицы для разбавленных магнитных полупроводников, интерес к которым обусловлен возможностью комбинировать в одном устройстве полупроводниковые и магнитные свойства. Ранее сообщалось о наличии высокотемпературного ферромагнитного упорядочения ($T_C \sim 300$ K) в SnO_2, доппированном 3*d*-металлами. При этом его магнитные свойства нельзя объяснить присутствием посторонней фазы (3*d*-металлы), так как её концентрация мала для обеспечения магнитного взаимодействия дальнего порядка. С другой стороны, наблюдался ферромагнетизм в мелкодисперсном порошке SnO_2 в отсутствие каких-либо примесей [1]. Данный факт объясняется наличием положительно заряженных кислородных вакансий. Кроме того, существует возможность появления ферромагнитных свойств при введении в SnO_2 редкоземельных элементов (4*f*-металлы). В частности, при введении малых добавок Eu можно получить полупроводник с заданными оптическими и магнитными свойствами. В связи с этим целью данной работы было исследовать влияние добавок Eu и присутствия вакансий кислорода на оптические свойства и электронную структуру SnO_2.

С этой целью нами был синтезирован нанокристалический порошок SnO_2, со средним размером кристаллитов 14 нм. Образцы для исследования были синтезированы методами прямого осаждения и осаждения при постоянном значении pH=3. Прекурсором выступал водный раствор хлорида олова $SnCl_4$ с

концентрацией 0,5 М и водный раствор аммиака с концентрацией 3М в качестве основания. После осаждения образцы фильтровали, промывали спиртом, сушили при температуре 80 ℃ в течение 12 часов и подвергали обжигу при температуре 600 ℃ в течение 2 часов. Далее часть образов в течение двух часов отжигалась в потоке H_2 при 200 ℃. Полученные образцы SnO_2:Eu с концентрациями 0.5, 1 и 2 мол. % исследовались при помощи рентгеновской фотоэлектронной (РФЭС) и люминесцентной спектроскопии.

По данным катодолюминесценции свечение в области 560-730 нм обусловлено переходами $^5D_0 \rightarrow {}^7F_{1,2}$ и $^5D_0 \rightarrow {}^7F_4$ иона Eu^{3+}. Полосы свечения от Eu^{2+} не зафиксированы. Также, увеличение концентрации и отжиг в потоке водорода приводит к перераспределению интенсивности полос.

По данным РФЭС положение и форма пиков Sn $3d_{5/2}$ и O 1*s* соответствует таковому в эталоне SnO_2. Слабый сигнал от ионов Eu зафиксирован в образцах с 1 и 2% Eu. Положение пика Eu $3d_{5/2}$ соответствует Eu_2O_3 (Eu^{3+}). Вместе с тем отжиг в потоке водорода приводит к появлению дополнительной низкоэнергетической полосы в спектре Eu 3*d*. Кроме того наблюдается появление дополнительных состояний на краю валентной зоны. Такие изменения могут быть обусловлены появлением Eu^{2+} или даже Eu^0.

Таким образом в работе показано, что Eu входит в матрицу SnO_2 в состоянии Eu^{3+}, а дальнейший отжиг в потоке H_2 приводит к изменению локального окружения ионов Eu, что может свидетельствовать о появлении вакансий в его ближайшем окружении.

1. S. Shi, D. Gao, Q. Xu, Z. Yang, D. Xue, RSC Adv., 4, 45467 (2014).

PULSE LUMINESCENCE OF $Pb_xCa_{1-x}MoO_4$ SOLID SOLUTIONS UPON EXCITATION WITH PICOSECONDS ELECTRON BEAM

Lukashov A.S.[1], Zykova E.A.[1], Trofimova E.S.[1], Omelkov S.I.[2], Pustovarov V.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Physics University of Tartu, Tartu, Estonia
E-mail: alexand-11@mail.ru

Spectra and decay kinetics of pulse cathode luminescence of $Pb_xCa_{1-x}MoO_4$ solid solutions in temperature range of 5-295 K are analyzed.

Calcium molybdate crystals show good potential for laser physics and acousto-optics due to a combination of wide range of functional properties. Over the last decades there has been a growing interest towards $CaMoO_4$ (space group 4/m, scheelite structure) because of its applicability as a material for cryogenic scintillation detectors, for example, in the physics of elementary particles [1]. On the other hand, PbMoO4 crystals are used as cryogenic scintillation detectors, here it suffices to point out PbWO4 use in the Large Hadron Collider. Earlier, we studied the luminescent properties of $Pb_xCa_{1-x}MoO_4$ solid solution under stationary UV and X-ray excitation [2]. The aim of this work is the study of their time-resolved luminescence properties under picoseconds pulse cathode-beam excitation.

Crystalline powders were obtained by solid-phase synthesis in Institute of Solid State Chemistry UB RAS by Dr. V.D. Zhuravlev. The samples were certified using XRD and chemical analysis methods. The pulse cathodoluminescence (PCL) spectra and PCL decay kinetics were measured using a Radan-330A pulse electron gun (E=120 keV, pulse FWHM = 200 ps, rate 5 Hz) in University of Tartu (Estonia) in temperature range of 5-300 K. A 0.3 m Andor Shamrock 303i monochromator equipped with fast picoseconds MCP-PMT detector was used for the registration [3].

Some of the main results obtained at room temperature are presented in Figure 1.

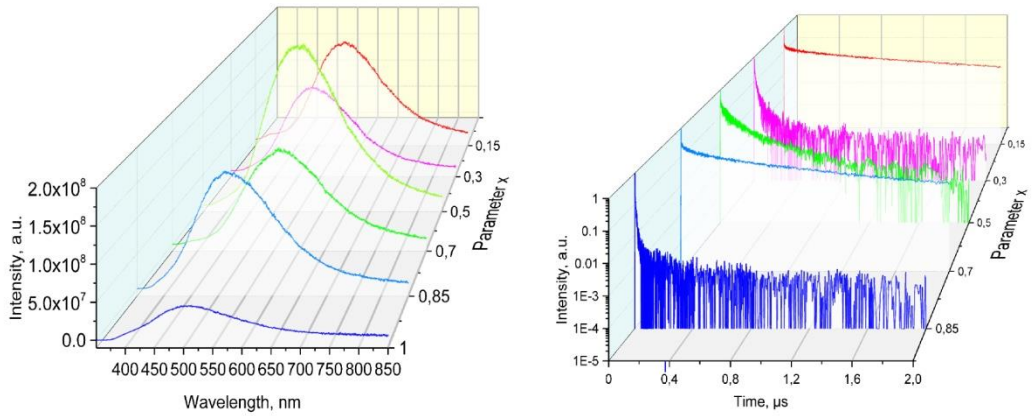


Fig. 1. Time-resolved PCL spectra and PCL decay kinetics at λ_{emis}=520 nm of $Pb_xCa_{1-x}MoO_4$ solid solution measured in 0-32 ns time window at different x parameters.

PCL spectra contains one wide emission band in region of 2.3 – 2.5 eV whose maximum position nonlinearly depends on x parameter. This emission band represents

the intrinsic emission which arises due to the radiative annihilation of excitons self-trapped at the $(MoO_4)^{2-}$ complexes, so-called STE luminescence. PCL output strongly depends on temperature. Moreover, PCL output and PCL decay kinetics strongly depend on the x parameter. These dependences are significant not linear, while XRD analysis shows that the unit cell volume of PbxCa1–x MoO4 linearly decreases with increasing of x parameter. That is, according to the XRD analysis, these samples are solid solutions and the well-known Vegard's law is fulfilled. The failure to comply with Vegard's law in the luminescence parameters is associated with features of their band electron structure.

In $CaMoO_4$ (x = 0) PCL decay kinetics contains components in μs time range only. The decay time is greatly reduced when the x parameter increases. At x = 1 ($PbMoO_4$), the PCL decay kinetics contains at room temperature exclusively the short components in the ns-range. PbMoO4 has the lowest PCL quenching temperature range (less than 100 K) and the fastest PCL decay kinetics at room temperature. Finally, we believe, that $Pb_xCa_{1-x}MoO_4$ solid solutions can have potential application in cryogenic scintillating bolometers.

1. V.B. Mikhailik, H. Kraus, J. Phys., D: Appl. Phys., 39 (2006).
2. A.O. Mufazalova, V.A. Pustovarov, AIP Conf. Proc., 2015 (2018).
3. S.I. Omelkov, V. Nagirnyi, E. Feldbach, R. Martinez Turtos, E. Auffray, M. Kirm, P. Lecoq, J. of Lumin. 191 (2017).

FERROELECTRIC DOMAIN ORIENTATION MAPPING USING ELECTRON BACKSCATTER DIFFRACTION AND DYNAMICAL SCATTERING SIMULATIONS

Lysakov M.N.[1], Chezganov D.S., Shur V.Ya.,[1]

[1)] School of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
E-mail: makarkalisakov@gmail.com

We have applied EBSD and dynamical scattering simulations for orientation mapping of domains in several ferroelectric crystals and ceramics. We have shown that proposed approach allows to distinguish all kinds of domains namely c- and a-domains in ferroelectric materials.

The contribution of ferroelectric domains is important to the large permittivity and piezoelectricity in many ferroelectric materials [1]. Significant work has been carried out for understanding domain structure configurations [2]. Orientation mapping brings crucial information to study the relationship between microstructure and properties in crystalline materials. There are several techniques for domain structure imaging. The most common are optical microscopy, piezoresponse force, selective chemical etching accompanied by scanning electron microscopy and atomic force microscopy. These

techniques have a number of drawbacks such as parasitic artificial contrast, destructiveness, difficulty to define the orientation of domains in ceramic materials or even in multiaxial single crystals. One of the most promising technique allowing to overcome mentioned above drawbacks is electron backscattered diffraction (EBSD). A number of papers were devoted to domain characterization by EBSD method and 90° domains have been thoroughly investigated in bulk ferroelectrics while the determination of full domain patterns including 180° domains remains challenging. In this work, we have applied EBSD and dynamical scattering simulations for orientation mapping of domains in several ferroelectric crystals and ceramics.

We have studied uniaxial periodically poled $LiNbO_3$ single crystal with 180° domains, multiaxial $Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$PbTiO_3$ (PMN-PT) tetragonal ferroelectric single crystal and $BaTiO_3$ tetragonal ceramic. EBSD experiments were performed in a field-emission Carl Zeiss Dual-Beam SEM/FIB Auriga Crossbeam workstation operated at 20 kV with an electron probe current of 6 nA and equipped with Oxford Instrument Channel 5 EBSD system with Nordlys F+ detector. The EMsoft software was utilized to simulate dynamical EBSD patterns and dictionary indexing procedure based on a dot product metric was used [3].

We have shown that that the intrinsic intensity variations in experimental EBSD patterns that arise from dynamical scattering can be used to distinguish all kinds of domains namely c- and a-domains in ferroelectric single crystals as well as in ceramic materials. Moreover, the dictionary indexing approach with dynamical EBSD patterns allowed us to significantly improve orientation map quality in part of filling zero solutions and misindexing solving up to 100%.

The technique opens the possibility for mapping polar domain structures and absolute domain orientations in a variety of technologically important materials in a non-destructive manner. Moreover, taking into account development of modern hardware utilized for EBSD orientation mapping the technique could be extended to in-situ studies to observe how the population, and structure of ferroelectric domains evolve as a function of temperature and/or applied field.

The equipment of the Ural Center for Shared Use "Modern nanotechnology" Ural Federal University was used. The research was made possible by the Russian Science Foundation (grant № 19-72-00091).

1. F. Xu, S. Trolier-McKinstry, W. Ren, B. Xu, Z.L. Xie, K.J. Hemker, J. Appl. Phys. 89 (2) 1336-1348 (2001).
2. Y.H. Hu, H.M. Chan, Z.X. Wen, M.P. Harmer, J. Am. Ceram. Soc. 69 (8) 594–602 (1986).
3. P.G. Callahan, M. De Graef, Microsc. Microanal. 19 (05) 1255–1265 (2013).

НЕЙРОСЕТИ РАСШИРЕННОЙ ТОПОЛОГИИ В ЗАДАЧЕ КОМПРЕССИИ

Майбах Е.А.[1], Кашин И.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
E-mail: maibah_lena@mail.ru

NEURAL NETWORKS OF EXTENDED TOPOLOGY APPLIED IN THE COMPRESSION PROBLEM

Maibakh E.A.[1], Kashin I.V.[1]

[1)] Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin

We consider the fundamental ability of neural networks to capture the eigenstate of arbitrary many-body quantum system. Training procedure was accomplished by genetic algorithm designed to minimize the error function. Numerical calculations revealed the perceptron to represent the eigenstate of arbitrary quantum system with reasonable accuracy.

Нейросеть - сложная математическая модель отклика. Ее главная особенность в том, что полезное соответствие между входящими данными и результатом их обработки устанавливается итеративно, путем оптимизации внутренних параметров модели – «обучения» сети.

Методы, используемые в искусственных нейронных сетях и машинном обучении, применяются в самых разных областях: не только в технике [1], но и в науке, включая исследования в области физики [2].

Искусственные нейронные сети могут кодировать и хранить функции большого количества данных, что применимо ко многим физическим задачам. В данной работе будет предложен метод решения квантовых задач многих тел с использованием искусственных нейронных сетей.

Цель работы: изучение способности нейросетей расширенной топологии к описанию вектора состояния произвольной квантовой многочастичной системы.

Для успешного решения задачи обучения нейронной сети необходимо:

1. Правильно выбрать структуру сети. Выбор подходящей структуры сети должен соответствовать характеру решаемой задачи.
2. Правильно выбрать параметры обучения (шаг обучения сети, норма обучения, количество обучающих примеров, сам алгоритм обучения).
3. Правильно подготовить входные данные.

Существуют различные способы представления нейронной сети для решения квантовых задач. Часто для решения многочастичных квантовых систем используют ограниченную машину Больцмана [3] К такой модели применим метод

градиентного спуска при обучении сети (метод нахождения глобального экстремума целевой функции с помощью движения вдоль градиента).

В данной работе мы использовали нейросеть расширенной топологии (рис. 1). Суммарное значение входного сигнала нейрона представляется в виде $R \cdot 10^k$ (R - вещественное число в диапазоне от -1 до 1, k - целое число от 0 до 7). R (в исходном виде) и k (в двоичном виде) здесь играют роль входящего сигнала для внутренней нейросети традиционной топологии, представляющей из себя 4 нейрона входного слоя и 1 нейрон выходного. Иначе говоря, функция активации в расширенной модели нейрона представляет собой малую нейросеть.

Численные результаты указывают на более высокую (по сравнению с традиционным аналогом) эффективность «ассоциативного запоминания» нейросети расширенной топологии. Это открывает дополнительные перспективы использования технологии машинного обучения при решении многочастичных квантовых систем с фрустрациями, для которых существующие алгоритмы оказываются трудноприменимыми.

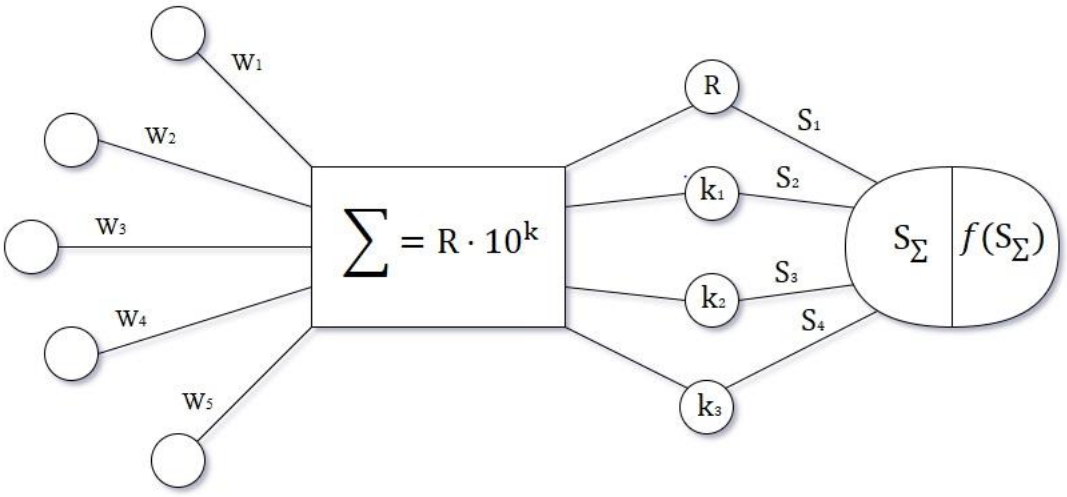


Рис. 1. Расширенная модель нейрона. $f(S_\Sigma)$ обозначает традиционную функцию активации.

1. Y. Land S.-M. Song. A CMAC neural network for the kinematic control of walking machine, G. A Bekey and K. J. Goldberg (eds.), Neural Networks Robotics, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1993
2. Saito H. and Kato M., J. Phys. Soc. Jpn 87(1), 014001 (2018)
3. Carleo G. and Troyer M., Science 355, 602-606 (2017)

FEATURES OF THE SPERIMAGNETIC STRUCTURE OF TbCo-BASED MULTILAYERS

Makarochkin I.A.[1], Kudyukov E.V.[1], Stepanova E.A.[1],
Kurlyandskaya G.V.[1], Svalov A.V.[1]

[1)] Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University,
620002 Ekaterinburg, Russia
E-mail: makarochkin98@gmail.com

The influence of the thickness of the nanoscale ferrimagnetic Tb-Co layers on the magnetic properties of Tb-Co/Ti and Tb-Co/Si multilayers was studied. The fanning cone angle of Tb-Co sperimagnetic structure changes non-monotonously with a decrease of the Tb-Co layer thickness.

Tb-Co amorphous thin films and Tb-Co-based magnetic multilayers have attracted special attention due to their high potential in magneto-optical recording and variety of sensor applications [1, 2]. However, the data related to the thickness dependence of magnetic properties of Tb-Co films are still very limited [3, 4]. In this work, the influence of the thickness of the nanoscale ferrimagnetic Tb-Co layers on the magnetic properties of Tb-Co/Ti and Tb-Co/Si multilayers was studied.

TbCo-based magnetic multilayers with different thicknesses of Tb-Co layers and non-magnetic spacers (Ti, Si) have been prepared by rf-sputtering technique. Chemical composition of Tb-Co films deposited from the mosaic target was $Tb_{27}Co_{73}$. The magnetic properties of the samples were measured by a SQUID magnetometer.

The descending branches of the hysteresis loop for samples with different thicknesses of Tb-Co layers showed a significant change in the magnetization over the entire range of the used magnetic fields up to 70 kOe.

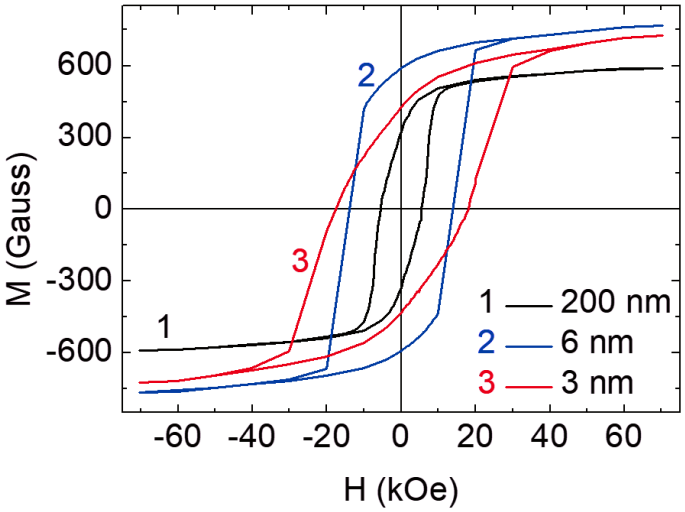


Fig. 1. Hysteresis loops of the Tb-Co(200 nm) film (1), [Tb-Co(6 nm)/Ti(2 nm)]20 (2) and [Tb-Co(3 nm)/Ti(2 nm)]30 (3) multilayers measured at T = 5 K.

Probably this behavior is a direct consequence of the sperimagnetism of the Tb-Co layers. It can be caused by the distortion of their magnetic structure in response to an

external magnetic field. In order to determine the effective magnetic moment of terbium atoms and the angular distribution (fanning cone) of the Tb moments well known method based on the evaluation of the change of the saturation magnetization was used [5]. It was found that the fanning cone angle changes non-monotonously with a decrease of the Tb-Co layer thickness. The paper discusses the reason for this behavior of the fanning cone angle, taking into account a possible reduction of the Co atom moment because of the electron charge transfer from atoms of the non-magnetic spacers to atoms of the transition metal.

This study was supported by RFBR (grant 17-02-00236-a).

1. P.P. Freitas, J.L. Leal, T.S. Plaskett, L.V. Melo, J. C. Soares. J. Appl. Phys. 75 (1994) 6480.
2. M.S. El Hadri, M. Hehn, G. Malinowski, S. Mangin. J. Phys. D: Appl. Phys. 50 (2017) 133002.
3. B. Hebler, A. Hassdenteufel, P. Reinhardt, H. Karl, M. Albrecht. Front. Mater. 3 (2016) 8.
4. A.V. Svalov, E.V. Kudyukov, K.G. Balymov, E.A. Stepanova, V.O. Vas'kovskiy, A. Larrañaga, G.V. Kurlyandskaya. Phys. Met. Metallogr. 120 (2019) 18.
5. V.O. Vas'kovskiy, O.A. Adanakova, K.G. Balymov, N.A. Kulesh, A.V. Svalov, E.A. Stepanova. Phys. Solid State 57 (2015) 1142.

РАССЕЯНИЕ АТТОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА ЛИНЕЙНОЙ ЦЕПОЧКЕ ИЗ АТОМОВ С УЧЁТОМ ИХ ТЕПЛОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

Макарова К.А.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
E-mail: ksenya931408@yandex.ru

THE SCATTERING OF ATTOSECOND PULSES ON A LINEAR CHAIN OF ATOMS, TAKING INTO ACCOUNT THEIR THERMAL VIBRATIONS

Makarova K.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University

It is shown that the influence of thermal vibrations of atoms significantly affects the scattering spectra of attosecond pulses of an electromagnetic field. In this work, a linear chain of identical atoms interacting with an attosecond pulse is studied in detail.

В настоящее время существует практическая возможность изучения химических и биологических процессов, а также различных процессов в наноструктурах в установках с использованием как существующих, так и перспективных рентгеновских лазеров на свободных электронах, например, Европейский рентгеновский лазер с свободными электронами (XFEL). Стали особо актуальными теоретические исследования процессов, происходящих в различных мишенях при их взаимодействии с ультракороткими импульсами, в том числе, процессов ионизации, возбуждения и рассеяния ультракоротких импульсов [1]. Значительное количество работ посвящено процессам ионизации и возбуждения, процессам же рассеяния ультракоротких импульсов посвящено сравнительно небольшое количество теоретических работ. Обычно в расчётах рассеяния ультракоротких импульсов электромагнитного поля (УКИ) на различного рода сложных системах используют аппарат адаптированный к рассеянию непрерывного излучения, не учитывая форму УКИ и его специфику. Такой подход является приближённым и по сути основан на классической теории рассеяния света. При использовании такого подхода не возможно по спектрам рассеяния идентифицировать сложную исследуемую мишень - сложные биомолекулы и наносистемы. Существует необходимость в развитии теории рассеяния УКИ не с учётом тепловых колебаний атомов, поскольку такие колебания могут вносить существенные изменения с спектры рассеяния, например, [2]. В данной работе, на основе теории, развитой в [3-5] показано и подробно изучены процессы рассеяния аттосекундного импульса электромагнитного поля на линейной цепочке состоящей из одинаковых атомов. Развитый подход имеет точное аналитическое решение, что позволяет провести подробный анализ изучаемых процессов. Показано, что теплове колебания атомов необходимо учитывать в рентгеновском спектре УКИ.

Автор благодарит за научное консультирование и обсуждение сделанной работы д.ф.-м.н. Есеева М.К. и д.ф.-м.н. Макарова Д.Н.

1. Krausz F., Ivanov M. Attosecond physics. Rev. Mod. Phys. 81 163 (2009).
2. Д. Н. Макаров, В. И. Матвеев. Влияние тепловых колебаний на эффекты интерференции при переизлучении аттосекундных импульсов электромагнитного поля регулярными многоатомными системами// Письма в ЖЭТФ, 2015, Т. 101(9), с. 677 – 682.
3. Makarov D. N., Matveev V. I., Makarova K.A. Interference Processes During Reradiation of Attosecond Pulses of Electromagnetic Field by Graphene // Russian Physics Journal, 2018, V. 61, p. 19–24.
4. Makarov D.N., Eseev M.K., Makarova K.A. Analytical wave function of an atomic electron under the action of a powerful ultrashort electromagnetic field pulse // Optics Letters, 2019, V. 44(12), 3042-3045
5. Д. Н. Макаров, В. И. Матвеев. Эффекты интерференции при переизлучении ультракоротких импульсов электромагнитного поля многоатомными системами // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2013, Т. 144, 5, С. 905-913.

MATHEMATICAL MODELING OF THE CRYSTAL GROWTH IN BINARY SYSTEM

Makoveeva E.V.[1]

[1)] Laboratory of Multi-Scale Mathematical Modeling, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
E-mail: eugenya1m@gmail.com

This paper is aimed at studying the process of nucleation and crystal growth in binary systems at the intermediate stage of the phase transition with allowance for Meirs kinetics. The mathematical model of this process consists of the kinetic Fokker-Planck equation and the balance equation.

The phase transition process is divided into three main stages. At the first stage, particle growth occurs with constant supercooling. At the second stage, particles grow with the release of the latent heat of the phase transition, which compensates for the overcooling of the system. In the third stage, coalescence and coagulation processes (Ostwald's ripening theory) occur [1, 2]. In this paper, we will consider the processes occurring at the second (intermediate) stage of the phase transition. At this stage, the mathematical model consists of a Fokker-Planck type kinetic equation for the size distribution function of crystals and a balance equation for the degree of supercooling [3, 4].

The crystal-size distribution function $f(r,\tau)$ is described by the kinetic equation:

$$\partial f/\partial\tau+\partial/\partial r\,(dr/d\tau\, f(r,\tau))-\partial/\partial r\,(D\,\partial f/\partial r)=0, \qquad (1)$$

where r is the radius of crystals, τ is time, D is the diffusion coefficient.

The balance equations represent the dependence of various parameters such as concentration σ_l and temperature θ_l on the mixture density ρ_m, heat capacity C_m, latent heat of crystallization L, time τ, etc.

An analytical solution is obtained for a mathematical model that describes the nucleation and growth of crystals at an intermediate stage of a phase transition in a binary melt. The solution took into account the nonlinear crystal growth rate and the Meirs nucleation kinetics. The effect of the nonlinear crystal growth rate changes the degree of supersaturation of the system and the size distribution function of crystals in comparison with the previously used stationary growth rates. Figure 1 shows the solution for various values of the parameter x_0 of the integro-differential system. The graph is a bell-shaped curve that shifts to the right as a function of time. With increasing time, the number of small crystals decreases, and the number of larger crystals increases. This solution of a system with a nonlinear growth rate more accurately describes the real crystallization process.

This theory can be extended to describe crystallization processes taking into account other dynamic laws of growth [5].

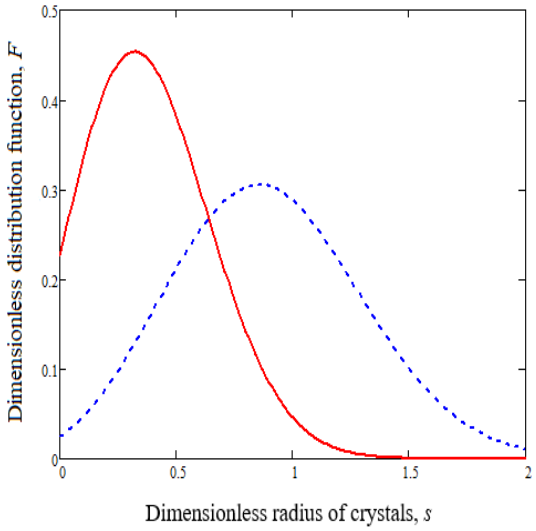


Fig. 1. Dimensionless distribution function F versus dimensionless radius of crystals s at $x_0 = 0.5$- solid line, $x_0 = 1$ - dotted line.

The reported study was funded by RFBR, project number 19-32-90003

1. I. M. Lifshitz and V. V. Slyozov, J. Phys. Chem. Solids 19, 35–50 (1961).
2. J. R. Hunt, J. Fluid Mech. 122, 169–185 (1982).
3. Yu. A. Buyevich and V. V. Mansurov, J. Cryst. Growth 104, 861–867 (1990).
4. D. V. Alexandrov, Phil. Mag. Lett. 94, 786–793 (2014).
5. D. V. Alexandrov and I. G. Nizovtseva, Int. J. Heat Mass Trans. 128, 46–53 (2019).

МЕЖЗЕРЕННОЕ ОБМЕННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Pr-Fe-B

Мальцева В.Е.[1], Волегов А.С.[1], Андреев С.В.[1], Болячкин А.С.[1]

[1)] Институт естественных наук и математики, УрФУ, Екатеринбург, Россия
E-mail: viktoria.maltseva@urfu.ru

INTERGRAIN EXCHANGE INTERACTION OF Pr-Fe-B SYSTEM COMPOSITE NANOCRYSTALLINE ALLOYS

Maltseva V.E.[1], Volegov A.S.[1], Andreev S.V.[1], Bolyachkin A.S.[1]

[1)] Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Hard magnetic composite materials are promising for improving hysteresis properties of permanent magnets. The aim of the work is to test the applicability of existing models of magnetization reversal processes of hard magnetic composite alloys based on intermetallic $Pr_2Fe_{14}B$ type compound.

Поскольку потенциал магнитных гистерезисных свойств магнитотвердых материалов и изготовленных из них постоянных магнитов использован на 85 – 90 %, одним из наиболее перспективных путей дальнейшего улучшения их свойств является создание композиционных магнитных материалов на основе интерметаллидов: высокоанизотропного и обладающего высокой спонтанной намагниченностью. Композиционные материалы – материалы, состоящие из двух или более компонентов, демонстрирующие уникальные функциональные свойства, возникшие в результате синергетического эффекта объединения свойств материалов.

Теоретически показано, что максимальное энергетическое произведение $(BH)_{max}$ системы $Sm_2Fe_{17}N_3/Fe_{65}Co_{35}$ может достигать значений больших, чем 1090 кДж/м^3 (137 МГсЭ) при комнатной температуре [1]. Попытки создания подобного композита не привели к получению таких характеристик. Одна из причин несовпадения теоретических предсказаний с экспериментальными результатами заключается в использовании модели когерентного вращения намагниченности соседних зерен различных фаз. По всей видимости, эта модель не вполне соответствует процессам перемагничивания в реальных образцах. Известны работы по оценке константы межзеренного обменного взаимодействия (KIEI) в нанокристаллических однофазных сплавах [2 – 4] и тонких магнитных пленках, выращенных эпитаксиально [5]. Целью настоящей работы является оценка KIEI и проверка корректности применимости моделей Стонера-Вольфарта и Кнеллера-Хавига к магнитотвердым композиционным нанокристаллическим сплавам на основе интерметаллида типа $Pr_2Fe_{14}B$.

В качестве образцов выбраны промышленно выпускаемый сплав марки MQP-16-7 и синтезированный методом быстрой закалки сплав с содержанием 55 % основной магнитотвердой фазы $Pr_2Fe_{14}B$ и 45 % α-Fe. Измерения магнитных свойств образцов проводились посредством измерительной системы DynaCool 9 T с напряженностью магнитного поля (H) до 90 кЭ в диапазоне температур 2 – 300 К.

Измерение предельных петель гистерезиса выполнено при различных температурах с целью варьирования поля анизотропии и коэрцитивной силы зерен магнитотвердой фазы. На всех петлях образца с 55 % магнитотвердой фазы при температурах ниже 300 К наблюдается перегиб. Для сплава MQP-16-7 перегиб наблюдается от 150 К и ниже. Эта особенность обусловлена сохранением значения критического поля зерен магнитомягкой фазы, но увеличением критического поля зерен магнитотвердой фазы ввиду слабой зависимости KIEI между зернами твердой и мягкой фаз. Значения H, при которых наблюдается перегиб, использованы для оценки константы межзеренного обменного взаимодействия KIEI.

Показана некорректность применения моделей Стонера-Вольфарта и Кнеллера-Хавига к исследованным сплавам. Аналитические выражения, описывающие гистерезисные свойства нанокомпозитов, не могут быть получены ввиду случайной ориентации осей легкого намагничивания кристаллитов основной магнитотвердой фазы; необходимо использовать микромагнитное моделирование с учетом магнитостатического и обменного взаимодействий.

Работа выполнена в рамках гранта МК-1746.2020.2. Авторы выражают благодарность к.ф.-м.н., доц. Селезнёвой Н.В. за выполнение рентгеноструктурного анализа.

1. R. Skomski, J. M. D. Coey, PH. REV. B, V. 48, № 21, 15812 (1993).
2. A. S. Bolyachkin, et. al., JMMM, 486, 165270 (2019).
3. A. S. Bolyachkin, et. al., JMMM, 378, 362 (2015).
4. A. S. Volegov, et. al., Solid S. Phen., 233-234, 615 (2015).
5. D. Ogawa, et. al., Journal of the Korean Physical Society, 63, 3, 489 (2013).

РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ЦЕНТРЫ ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ И ЭКЗОЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ В МОНОКЛИННОМ ZrO_2

Марфин А.Ю.[1], Никифоров С.В.[1], Слесарев А.И.[1], Зырянов С.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: a.u.marfin@gmail.com

RADIATION-INDUCED CENTERS OF THERMOSTIMULATED LUMINESCENCE AND EXOELECTRON EMISSION IN MONOCLINIC ZrO_2

Marfin A.Yu.[1], Nikiforov S.V.[1], Slesarev A.I.[1], Zyryanov S.S.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Radiation-induced centers causing peaks of TSL and exoelectron emission in monoclinic ZrO_2 irradiated by fast electrons are studied. A new TSL peak is observed in the temperature range of 50–100 ºC at electrons fluence of $6*10^{13}$ cm^{-2}. The samples under study have one TSEE peak at 280–300 ºC.

Люминофоры на основе диоксида циркония получили широкое применение в современной оптоэлектронике, фотонике и дозиметрии ионизирующего излучения благодаря высокому люминесцентному выходу. Известно, что люминесцентные свойства широкозонных оксидов в основном определяются присутствием кислородных вакансий в разных зарядовых состояниях, формирующих центры свечения F-типа [1]. Одним из способов формирования вакансий в анионной подрешетке оксидов является радиационное окрашивание путем их облучения высокоэнергетическими частицами. Люминесцентные свойства радиационных дефектов в ZrO_2 изучены недостаточно и требуют дальнейших исследований.

Целью настоящей работы являлось изучение дефектов, индуцируемых быстрыми электронами, в моноклинном ZrO_2 методами термостимулированной люминесценции (ТСЛ) и экзоэлектронной эмиссии (ТСЭЭ).

Исследуемые образцы представляли собой таблетки толщиной 1 мм и диаметром 5 мм, полученные путем холодного одноосного прессования нанопорошка моноклинного ZrO2 с размером частиц 40–65 нм. Радиационное окрашивание осуществлялось с помощью линейного электронного ускорителя УЭЛР-10-10С с энергией электронов 10 МэВ. ТСЛ измерялась при линейном нагреве со скоростью 2 К/с с помощью ФЭУ-130 с максимумом спектральной чувствительности 400–420 нм. ТСЭЭ измерялась со скоростью 0,4 К/с с помощью ВЭУ-6.

На рисунке 1 представлены кривые ТСЛ при разных значениях флюенса электронов. На кривых ТСЛ можно выделить два пика: А (120–140 ºС) и В (200–220ºС). Из рисунка видно, что с ростом флюенса наблюдается увеличение

интенсивности ТСЛ обоих пиков. Если для пика А рост является равномерным, то для пика В заметное увеличение интенсивности ТСЛ начинается при значениях флюенса, больших $4*10^{13}$ $см^{-2}$. Отметим также, что при флюенсе $6*10^{13}$ $см^{-2}$ (кривая 6) наблюдается появление нового ТСЛ пика при температурах 50–100 °С.

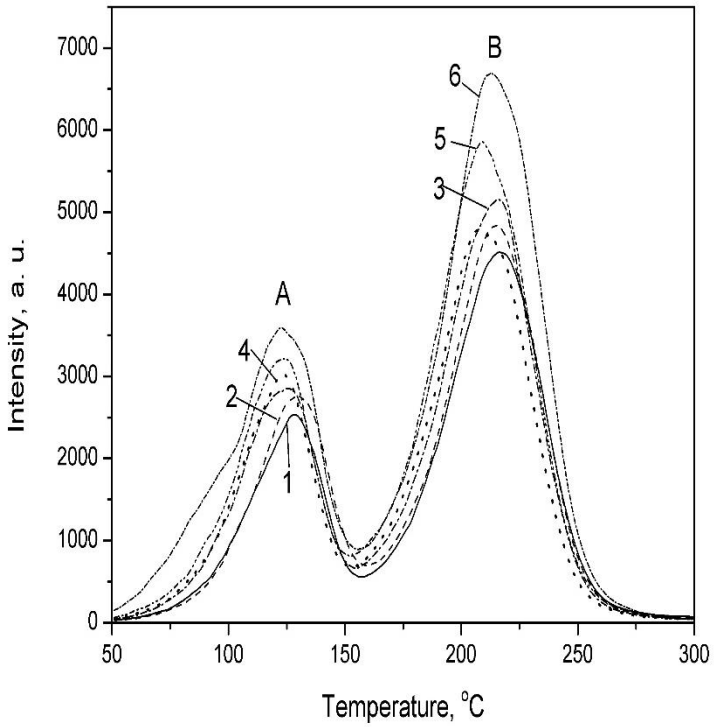


Рис. 1. Кривые ТСЛ образцов ZrO_2, облученных электронным флюенсом $10^{13}см^{-2}$ (1), $2*10^{13}см^{-2}$ (2), $3*10^{13}см^{-2}$ (3) , $4*10^{13}см^{-2}$ (4) , $5*10^{13}см^{-2}$ (5) , $6*10^{13}см^{-2}$ (6)

Зависимость ТСЭЭ исследуемых образцов от температуры существенно отличается от кривой ТСЛ. ТСЭЭ представлена только одним пиком при 280–300°С. Отличие температурных положений максимумов пиков свидетельствует о том, что за ТСЛ и ТСЭЭ в ZrO_2 отвечают разные дефектные центры. При этом дефект, обусловливающий ТСЭЭ, является поверхностным и имеет электронную природу. В работе обсуждается возможная физическая природа радиационно-индуцированных центров в ZrO_2.

1. A.I. Popov et al., Basic properties of the F-type centers in halides, oxides and perovskites, Nuc. Instr. and Meth. in Phys. Res. B, V. 268., p. 3084-3089 (2010)

УСТОЙЧИВОСТЬ ПЛЕНОК ЛИНЕЙНО-ЦЕПОЧЕЧНОГО УГЛЕРОДА НА ПОДЛОЖКАХ ЭЛЕМЕНТАРНОГО И БИНАРНОГО СОСТАВА

Матицев А.И.[1], Бунтов Е.А.[1], Зацепин А.Ф.[1], Бокизода Д.А.[1], Вагапов А.Ш.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Sasha_sz61@mail.ru

STABILITY OF LINEAR-CHAINED CARBON FILMS ON SUBSTRATES OF ELEMENTARY AND BINARY COMPOSITIONS

Matitsev A.I.[1], Buntov E.A.[1], Zatsepin. A.F.[1], Boqizoda D.A.[1], Vagapov A.Sh.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The aim of this work is an ab initio study of the linear chained carbon (LCC) stability on the substrates of elementary and binary composition. The investigated substrates are Al, KCl, NaCl. DFT and MD calculations on sample structures reveal the peculiarities of LCC film deposition.

Производство макроскопического карбина до сих пор является очень важной проблемой из-за нестабильности углеродных цепей. По сути, проблема нестабильности линейно-цепочечного углерода (ЛЦУ) связана с высокой гибкостью одномерных цепей, а также реакционной способностью ненасыщенных связей с sp1-гибридизацией. Формирование гексагональной структуры из линейных цепочек в процессе роста обеспечивается поверхностью подложки [1]. В этой связи интерес представляет кристаллические подложки, подверженные растворению с последующим отслаиванием углеродной пленки. Подобные материалы позволяют проводить исследования структуры и свойств ЛЦУ непосредственно, без участия подложки. В перспективе они создают основу для переноса цепочечного покрытия на подложки другого типа, где его непосредственное выращивание невозможно.

Целью настоящей работы является изучение стабильности пленок линейно-цепочечного углерода на подложках элементарного и бинарного состава. В качестве исследуемых подложек используются алюминий, хлорид натрия и хлорид калия с ориентациями (001), (110) и (111). Оптимизация структуры цепей на поверхности осуществляется в рамках теории функционала плотности в приближении GGA. Моделирование устойчивости ЛЦУ при повышенных температурах выполняется методами молекулярной динамики.

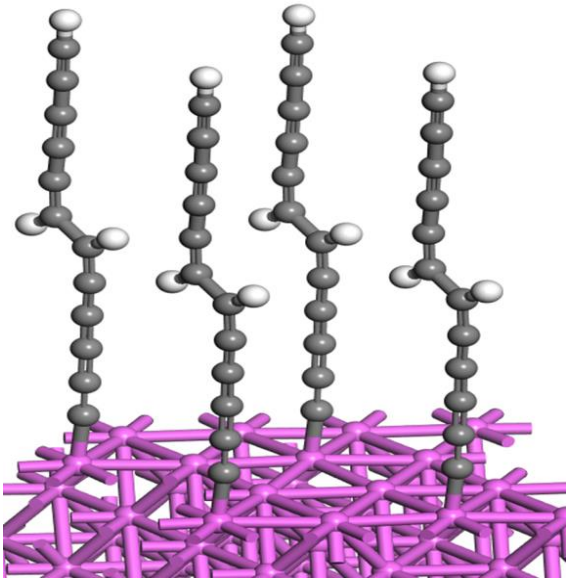


Рис. 1. Упрощенная модель пленки из линейно-цепочечного углерода на поверхности алюминия

1. Babaev V.G., Guseva M.B., Novikov N.D., Khvostov V.V., Polyynes: Synthesis, Properties, and Applications, 219-252 (2005)

MODELING OF SURFACE SP-SYSTEMS MAKING USE THE EXTENDED DYNAMICAL MEAN-FIELD THEORY

Medvedeva D.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences, Prague, Czech Republic
E-mail: medvedeva.ds@gmail.com

This work is devoted to construction of a model to describe influence of correlation and nonlocal charge interaction effects on the electronic properties of surface sp-systems on the example of Graphene adatom systems.

Adatom systems attract lot of attention of scientists because of evolving of STM technology. This kind of materials has a big potential for development of novel logical devices or atomic memory. A great example is the surface systems with s- and p- electrons. Some of them present interesting feature: despite of strong hybridization of atomic levels and smaller extansion of a wave function, we can observe formation of a narrow band on the Fermi level with half-filling [1, 2]. Because of that the ARPES [3] experiment and single-electron theoretical methods [4, 5] can present conflicting results.

In this work we consider adatom graphene systems C2F and C2F. For more realistic description the electronic properties of these systems taking into account the nonlocal charge interactions were considered using the Extended Dynamical Mean-Field Theory.

As a main result we obtained the phase diagram for local and nonlocal interactions taking into account the first nearest neighbours in the model and determined the position of discussed systems in it.

The author likes to thank Dr. Iskakov S.N. University of Michigan, Ann Arbor, U.S.A, Dr. Krien F., Jozef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenia, Prof. Mazurenko V.V. Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia and Prof. Lichtenstein A.I., University of Hamburg, Hamburg, Germany.

1. P. Hansmann et al. PRB 110, 166401 (2013)
2. P. Hansmann et al. J. of Phys.: Cond. Mat. 25, 094005 (2013)
3. G. Li et al. Nat. Communications 4, 1620 (2013)
4. R. Cortes et al. PRL 96, 126103 (2007)
5. S. Modesti PRL 98, 126401(2007)

КЛАСТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ С ГЛУБОКИМИ ДЫРОЧНЫМИ ЛОВУШКАМИ

Мережников А.С.[1], Никифоров С.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: merezhnikov.artyom@gmail.com

THERMOLUMINESCENCE CLUSTER MODEL WITH DEEP HOLE TRAPS

Merezhnikov A.S.[1], Nikiforov S.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work simulation of dose dependences of thermoluminescence in cluster systems with deep hole traps was carried out. It was found that deep traps in clusters can affect the dose dependence on heating rate. Also influence of model parameters on dose dependences was studied.

Известно, что присутствие глубоких центров захвата в люминофорах влияет на характер дозовой зависимости ТЛ. Так, наличие глубоких дырочных или электронных ловушек может приводить к сверхлинейности дозовой зависимости ТЛ при высоких дозах [1]. Известны также случаи, когда наличие дырочных ловушек приводят к появлению сублинейной дозовой зависимости [2]. Механизмы формирования нелинейности дозовых зависимостей ТЛ подробно исследованы в рамках моделей с однородно распределенными дефектами. Однако также является перспективным исследование дозовых зависимостей ТЛ в рамках моделей с кластерными дефектами, состоящими из нескольких локализованных уровней [3]. Как правило, такие модели применяются для описания кинетики ТЛ в

поликристаллических и наноструктурных люминофорах. Модели с глубокими дырочными ловушками в кластерах до сих пор не исследовались. Следует ожидать, что наличие этих ловушек может приводить к появлению новых закономерностей формирования нелинейности дозовых зависимостей ТЛ.

Целью данной работы являлось моделирование дозовых зависимостей ТЛ в системе с кластерами, содержащими электронные ТЛ-активные и глубокие дырочные ловушки.

Рассматриваемая модель состояла из центров свечения и кластерных дефектов, в состав которых, наряду с ТЛ активными ловушками, включались и глубокие дырочные ловушки. Для получения дозовых зависимостей ТЛ расчеты проводились для стадий облучения, релаксации и нагрева. Нагрев осуществлялся по линейному закону.

В работе изучено влияние параметров модели на характер дозовых кривых ТЛ, в частности, влияние скорости нагрева (рис. 1). Как видно из рисунка, при относительно малых дозах выход ТЛ возрастает по линейному закону. При больших дозах наблюдается ярко выраженный участок сублинейности, переходящий в насыщение. Из рис. 1 видно, что скорость нагрева влияет на выход ТЛ и степень сублинейности, что напрямую связано с наличием в системе кластерных дефектов. При этом с ростом скорости нагрева коэффициент нелинейности дозовой зависимости увеличивается, а выход ТЛ при больших дозах растет.

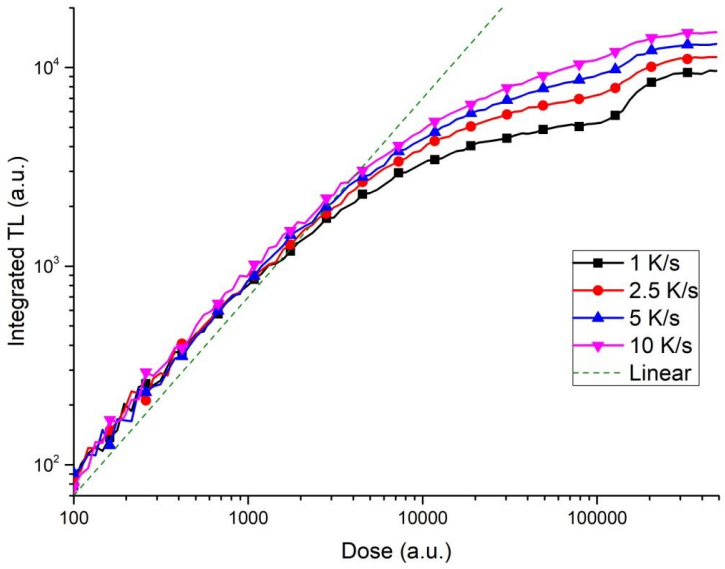


Рис. 1. Дозовые зависимости ТЛ, рассчитанные при различной скорости нагрева: 1, 2.5, 5 и 10 К/с. Пунктирная линия соответствует линейной зависимости.

1. Chen R., McKeever S.W.S., Radiat. Meas. 23, 667-673 (1994).
2. Chen R. et al., Radiat. Prot. Dosim. 65, 63-68 (1996).
3. Mandowski A., Swiatek J., Radiat. Meas. 29, 415-419 (1998).

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ НА СПЕКТРЫ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ ГЕКСАГОНАЛЬНОГО НИТРИДА БОРА

Михалевский Г.Б.[1, 2], Мохов Д.А.[1], Вохминцев А.С.[1], Замятин Д.А.[1, 2], Карабаналов М.С.[1], Вайнштейн И.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: gosha622@gmail.com

IMPURITIES EFFECTS ON RAMAN SPECTRA OF HEXAGONAL BORON NITRIDE

Mikhalevsky G.B.[1, 2], Mokhov D.A.[1], Vokhmintsev A.S.[1], Zamyatin D.A.[1, 2], Karabanalov M.S.[1], Weinstein I.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch, Russian Academy of Science, Yekaterinburg, Russia

The effects of the presence of oxygen and carbon impurities on the spectra in hexagonal boron nitride were investigated. It was shown that the spectra distortion degree was related to the level of concentration of oxygen and carbon impurities in the h-BN particles.

Гексагональный нитрид бора (h-BN) и Ван-дер-Ваальсовы гетероструктуры на его основе представляют интерес для целей нано- и оптоэлектроники. Основными технологическими примесями, определяющими электрофизические характеристики h-BN, являются углерод и кислород. В этой связи разработка бесконтактных неразрушающих методов контроля слоев h-BN является актуальной практической задачей. Настоящая работа посвящена исследованию влияния примесного состава h-BN на спектры комбинационного рассеяния (КР).

Исследовались несколько образцов размером 50-100 мкм и толщиной около 100 нм, которые были выбраны из частиц порошка h-BN с хлопьевидной морфологией. Измерение спектров КР и гиперкартирование образцов проводилось на рамановском-спектрометре LabRAM HR800 Evolution с использованием линии возбуждения 633 нм и дифракционной решетки 1800 шт/мм. Картирование по содержанию O, N, C выполнено на электронно-зондовом микроанализаторе Cameca SX100 (напряжение 10 кВ, ток 20 нА) с использованием псевдокристаллов LPC0, PC1, PC2.

Выполнено совмещение областей картирования, полученных для исследуемых образцов методами КР и рентгенофлуоресцентной спектроскопии. Анализ экспериментальных данных показал, что на всех спектрах КР регистрируется основной пик с максимумом около 1363 $см^{-1}$, который обусловлен колебаниями атомов B и N в пределах одного слоя и однотипных атомов в смежных слоях в противоположных направлениях. На участках с повышенной концентрацией примесей C и O в спектрах КР наблюдается низкоэнергетичное плечо в области

1300…1350 $см^{-1}$. Выполнена аппроксимация спектров КР суперпозицией нескольких функций Фойгта. Обсуждается природа указанного плеча с позиций изменения длины межатомных связей и приведенной массы атомов при внедрении изучаемых примесей в кристаллическую решетку h-BN. Предложена методика контроля примесей углерода и кислорода в гексагональном нитриде бора по форме спектров комбинационного рассеяния.

Работа выполнена в ЦКП УрО РАН «Геоаналитик» в рамках темы № АААА-А19-119071090011-6 государственного задания ИГГ УрО РАН.

1. Vokhmintsev A. et al. J. Lumin., 208, 363-370 (2019).
2. Vokhmintsev et al. Rad. Meas. 124, 35-39 (2019).

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОДНОВРЕМЕННОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ И ПОЛЯРИЗАЦИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ХЕМОЭЛЕКТРЕТОВ НА ОСНОВЕ ОЛИГОМЕРА DER-331

Микрюкова Я.К.[1], Мочалова Е.Н.[1], Галиханов М.Ф.[1]

[1)] Казанский Национальный Исследовательский Технологический Университет
E-mail: yana_mikriukova@mail.ru

STUDY OF THE SIMULTANEOUS CURING AND POLARIZATION CONDITIONS ON THE CHARACTERISTICS OF MODIFIED CHEMOELECTRES BASED ON THE EPOXY OLIGOMERS DER-331

Mikriukova Ya.K.[1], Mochalova E.N.[2], Galikhanov M.F.[3]

[1)] Processing Technology of Polymers and Composite Materials Department, Kazan National Research Technological University

Chemoelectrets based on the oligomers DER-331, PEF-3A modifier, L-20 hardener were studied. The conditions of simultaneous curing and polarization effect the electret and strength characteristics of the samples. The combination of the polarization process with the polimer curing leads to hardening.

Сочетание высокой стабильности электретных характеристик с высокой химической стойкостью и прочностью сделали реактопласты объектом активных исследований, проводимых в настоящее время [1]. Проведение реакции получения сшитой структуры в постоянном электрическом поле вызывает ориентацию подвижных функциональных групп, способных участвовать в процессах поляризации с участием дипольно-сегментальных фрагментов, с последующей фиксацией структуры полимера за счет химического сшивания и «замораживания» подвижности макромолекул. Электрет, полученный при этом, носит название хемоэлектрет [2].

Использование эпоксидных олигомеров в качестве основы для получения хемоэлектретов позволяет легко подвергать их модификации (улучшению) физико-механических свойств. В последних исследованиях [3, 4] показано, что электретное состояние полимерной матрицы, формирующейся в процессе отверждения, является свободным состоянием эпоксиаминных макромолекул.

Для проведения исследований были получены неполяризованные образцы и хемоэлектреты в процессе совмещения синтеза полимера путем отверждения смеси исходного эпоксидного (DER-331) с 5 масс. % эпоксиуретанового (ПЭФ-3А) олигомеров полиамидным отвердителем Л-20 с процессом поляризации при температуре 120°С в постоянном электрическом поле, с последующим охлаждением в течение 30 минут без снятия поляризующего воздействия. При получении хемоэлектретов и неполяризованных образцов аналогичного состава варьировали следующими условиями одновременных отверждения и поляризации: температурой, продолжительностью одновременных отверждения и поляризации и напряжением поляризации.

В ходе работы показано, что увеличение напряжения поляризации до 15 кВ не приводит к росту электретных характеристик, наибольшее влияние на электретные и прочностные характеристики оказывает изменение температуры и продолжительности одновременных отверждения и поляризации.

Как видно из рис. 1., увеличение продолжительности отверждения от 1 до 3 часов приводит к росту прочности при разрыве, как для поляризованных (кривая 2), так и для неполяризованных (кривая 1) образцов.

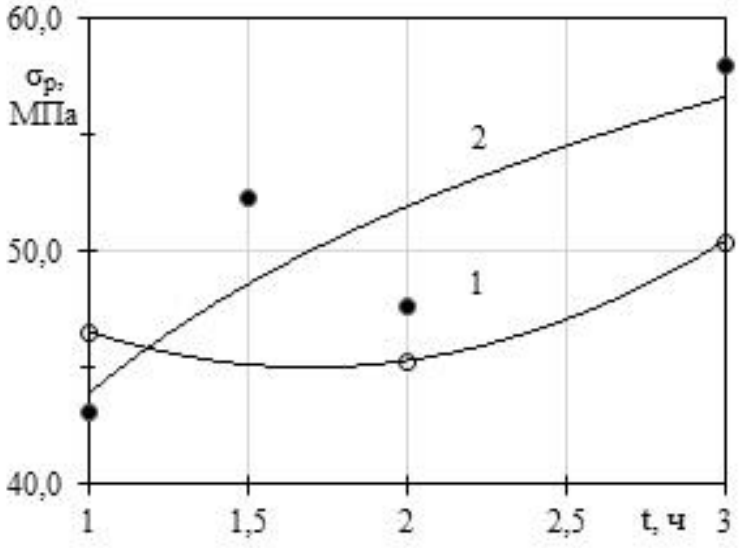


Рис. 1. Зависимость прочности при разрыве для неполяризованных (1) и поляризованных (2) модифицированных образцов на основе олигомера DER-331 от продолжительности одновременных отверждения и поляризации (напряжение 5 кВ)

Процесс получения хемоэлектретов, в том числе на основе модифицированных материалов, сопровождается повышением физико-механических

показателей, причем чем дольше процесс одновременного отверждения и поляризации, тем выше уровень прочностных показателей.

1. Ваганов Г.В., Галиханов М.Ф. и др., Физические свойства сетчатых полимеров на основе эпоксидных смол, Фора-принт, (2015)
2. Пинчук Л.С., Гольдаде В.А., Электретные материалы в машиностроении, Инфотрибо, (1998)
3. Galikhanov M. F., Mochalova E.N. et al., Journal of Electronic Materials, 48, 7, 4473-4477, (2019)
4. Мочалова Е.Н., Галиханов М.Ф. и др., Бутлеровские сообщения, 49, 1, 91-97, (2017)

ЭФФЕКТ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТОНКИХ ПЛЕНОК $Cu_2ZnSnSe_4$ НА ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, СОЗДАННЫХ НА ИХ ОСНОВЕ

Могильников И.А.[1], Сулимов М.А.[1, 2], Форбс И.[3], Живулько В.Д.[4], Бородавченко О.М.[4], Мудрый А.В.[4], Якушев М.В.[1, 2, 5]

[1)] ИФМ УрО РАН, 620108, Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, д.18, Россия
[2)] УрФУ, 620002, Екатеринбург, ул.Мира, 19, Россия
[3)] Университет Нортумбрии, Ньюкасл-апон-Тайн NE1 8ST, Великобритания
[4)] НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, ул. П. Бровки 19, Минск 220072, Беларусь
[5)] ИХТТ УрО РАН, 620990, Екатеринбург, Россия
E-mail: ilyamogil96@yandex.ru

EFFECT OF CHEMICAL TREATMENT OF THIN FILMS $Cu_2ZnSnSe_4$ ON PHOTOLUMINESCENCE OF SOLAR CELLS CREATED ON THEIR BASIS

Mogilnikov I.A.[1], Sulimov M.A.[1, 2], Forbes I.[3], Zhivulko V. D[4], Borodavchenko O. M.[4], Wise A.V.[4], Yakushev M.V.[1, 2, 5]

[1)] IFM UrO RAS, 620108, Yekaterinburg, S. Kovalevskaya str., 18, Russia
[2)] UrFu, 620002, Yekaterinburg, Mira street, 19, Russia
[3)] Northumbria University, Newcastle upon Tyne NE1 8ST, UK
[4)] NPC of the national Academy of Sciences of Belarus on materials science, 19 P. Brovki str., Minsk 220072, Belarus
[5)] IHTT UrO RAS, 620990, Yekaterinburg, Russia

The effect of etching regimes of thin films of $Cu_2ZnSnSe_4$ (prior to the deposition of CdS) on the bandgap (Eg) and photoluminescence (PL) spectra were studied by examining solar cells with the structure ZnO/CdS/Cu2ZnSnSe4/Mo/glass using PL and PL-excitation techniques.

В настоящее время прямозонные полупроводниковые твердые растворы $Cu(In,Ga)Se_2$ со структурой халькопирита и соединение $Cu_2ZnSnSe_4$ со

структурой кестерита являются одними из самых перспективных материалов для создания солнечных элементов [1,2]. Коэффициент полезного действия солнечных элементов, созданных на основе тонких пленок $Cu(In,Ga)Se_2$ и $Cu_2ZnSnSe_4$ составляет ~ 23.35 % и 12.6 %, соответственно [1, 2]. Считается, что более низкая стоимость и большие разведанные запасы элементов Zn и Sn в земной коре по сравнению с элементами In и Ga позволят в перспективе развернуть широкомасштабное производство фотопреобразователей солнечной энергии.

В настоящей работе исследовались тонкие поликристаллические пленки $Cu_2ZnSnSe_4$ p - типа проводимости, созданные методом двухстадийной селенизации металлических прекурсоров Cu, Zn и Sn, предварительно нанесенных магнетронным распылением на подложки структур Mo/стекло [3]. Технология изготовления солнечных элементов со структурой $ZnO/CdS/Cu_2ZnSnSe_4/Mo$/стекло включала обработку поверхности пленок $Cu_2ZnSnSe_4$ растворами аммония и KCN сразу после их выращивания. После такой обработки для создания гетероперехода на пленках $Cu_2ZnSnSe_4$ методом химического осаждения из водного раствора формировалась пленка (~ 30-50 нм) прямозонного соединения CdS n – типа проводимости, и далее с использованием магнетронного распылением создавался прозрачный электрод на основе ZnO.

Исследования показали значительное влияние различных режимов травления растворами аммония и KCN на изменение спектров фотолюминесценции и ширины запрещенной зоны Eg базовых поглощающих слоев $Cu_2ZnSnSe_4$. Численное значение Eg в структуре солнечных элементов определялось по обработке спектров возбуждения люминесценции. Эксперименты по исследованию зависимости спектров фотолюминесценции от температуры в широком диапазоне ~ 6 - 300 K и мощности лазерного излучения позволили установить механизмы близкраевой излучательной рекомбинации и определить природу соответствующих центров рекомбинации.

1. M.A. Green et al., Prog. Photovolt: Res. Appl. 27, 565 (2019)
2. X. Liu et al., Prog. Photovolt: Res. Appl. 24, 879 (2016)
3. J. Marquez-Prieto, M.V. Yakushev et al., Sol. Energy Mater. Sol. Cells, 152, 42 (2016)

СТЕКЛООБРАЗУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМОРФНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ

Мороз А.И.[1, 2], Русанов Б.А.[1], Сидоров В.Е.[1, 2], Целищев Н.А.[2], Попель П.С.[1], Карфидов Э.А.[2]

[1)] Уральский государственный педагогический университет
[2)] Уральский федеральный университет
E-mail: rusfive@mail.ru

GLASS-FORMING ABILITY AND THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF Al-BASED AMORPHOUS ALLOYS

Moroz A.[1, 2], Rusanov B.[1], Sidorov V.[1, 2], Tselishchev N.[2], Popel' P.[1], Karfidov E.[2]
[1)] Ural State Pedagogical University
[2)] Ural Federal University

Al-based metallic glasses have unique physical properties. Nowadays, thermophysical properties at high temperature of these alloys practically unknown. In these work shows new investigation results of density and electroresistivity of Al-Ni-Co-REM alloys at high temperature.

Металлические стёкла на основе алюминия (Al > 80 ат.%) с переходными (ПМ) и редкоземельными (РЗМ) металлами представляют собой объекты, обладающие целым набором уникальных механических, теплофизических и коррозионных свойств, например они используются в качестве защитных покрытий стальных конструкций в различных отраслях промышленности. На сегодняшний день, в литературе встречается большое разнообразие комбинирования ПМ и РЗМ в этих аморфных сплавах с целью повышения их служебных свойств (механических и коррозионных) [1]. Наряду с этим, теплофизические свойства сплавов Al-ПМ-РЗМ в жидком состоянии достаточно плохо изучены. Однако, именно из жидкого состояния осуществляется получение аморфной матрицы и, следовательно, параметры разливки могут влиять на свойства в аморфном состоянии.

В нашей работе представлены результаты исследования структурно-чувствительных свойств (плотности и электросопротивления) сплавов Al-ПМ-РЗМ в жидком состоянии. В качестве ПМ были выбраны Ni и Co в различных соотношениях до 8 ат.%, а РЗМ – Nd, Gd, Yb до 6 ат.%. Считается [2], что указанные процентные соотношения позволяют получать аморфные сплавы с наибольшей стеклообразующей способностью.

Плотность была измерена с помощью абсолютного метода проникающего гамма-излучения, а электросопротивление - бесконтактным методом во вращающемся магнитном поле в атмосфере высокочистого гелия.

Установлено, что различные комбинации никеля и кобальта меняют температурные зависимости сплавов Al-Ni-Co-РЗМ, а их электрическое сопротивление

имеет ряд аномалий, которые могут быть связаны с изменением электронной структуры сплавов в процессе нагрева и последующего охлаждения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-32-80001. Б. Русанов выражает признательность Словацкому академическому информационному агентству (SAIA).

1. G.Abrosimova, A.Aronin, A.Budchenko. Amorphous phase decomposition in Al–Ni–RE system alloys, Mater.Lett. 139 (2015), p.194–196. https://doi.org/10.1016/j.matlet.2014.10.076
2. B.Rusanov, V. Sidorov, P. Svec, et al. Electric properties and crystallization behavior of Al-TM-REM amorphous alloys. J.Alloy.Compd. 787 (2019), p.448-451. https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.02.058

МИКРОМАГНИТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТА ОБМЕННОГО СМЕЩЕНИЯ В ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ТОНКИХ ПЛЕНКАХ

Москалев М.Е.[1], Кулеш Н.А.[1], Сосюра И.О.[1],
Лепаловский В.Н.[1], Васьковский В.О.[1, 2]

[1)] Кафедра Магнетизма и Магнитных Наноматериалов,
Уральский Федеральный Университет
[2)] Институт Физики Металлов, УРО РАН
E-mail: mikhail.moskalev@urfu.ru

MICROMAGNETIC SIMULATION OF EXCHANGE BIAS IN POLYCRYSTALLINE THIN FILMS

Moskalev M.E.[1], Kulesh N.A.[1], Sosyura I.O.[1],
Lepalovskij V.O.[1], Vas'kovskiy V.O.[1, 2]
[1)] Department of Magnetism and Magnetic Nanomaterials, Ural Federal University
[2)] Institute of Metal Physics, UB RAS

A micromagnetic model is used to simulate temperature behavior of a polycrystalline Ni-Mn/Fe-Ni film with exchange bias. The model consisting of exchange coupled ferro- and antiferromagnetic layers allows to estimate the anisotropy constant of a Ni-Mn antiferromagnet by fitting experimental results.

Эффект обменного смещения в пленках антиферромагнетик/ферромагнетик, заключающийся в сдвиге петли гистерезиса ферромагнетика вдоль оси полей, является основополагающим для хранения и записи информации, а также в области магнитной сенсорики [1]. Величина, на которую смещена петля, называемая полем обменного смещения, а также коэрцитивная сила существенно изменяются с ростом температуры. Изменение этих величин является следствием изменения

магнитных параметров слоев, в частности, константы анизотропии. Определение таковой для антиферромагнетика является нетривиальной задачей, так как антиферромагнетик в первом приближении практически невосприимчив к внешнему магнитному полю. Эта задача представляет не только фундаментальный, но и прикладной интерес. Систематизировав данные о магнитных параметрах ныне используемых антиферромагнетиков, можно успешно спрогнозировать сплавы и соединения, потенциально подходящие для практических применений.

Одним из способов получения информации о магнитных параметрах систем с обменным смещением является микромагнитное моделирование. В данной работе на базе программного пакета MuMax3 [2] реализована микромагнитная модель в основе которой лежит двухслойная пленка антиферромагнетик/ферромагнетик. Из-за отсутствия возможности задания в микромагнитном пакете антиферромагнитного слоя, он был заменен ферромагнитным с отключенным внешним полем и магнитостатическим взаимодействием [3]. В соответствии с современными представлениями, для полноценного описания явления обменного смещения необходим учет их поликристаллической структуры [4]. В используемой модели она реализована путем разбиения каждого из слоев на зерна путем построения многогранников Вороного в трехмерном пространстве. Геометрия такой системы представлена на вставке на Рис. 1, (а). Полагается, что обменная связь между зёрнами различных слоёв значительно ослаблена по сравнению со связью ферромагнитных зёрен, а между антиферромагнитными зернами отсутствует вовсе. Это позволяет весьма точно имитировать поведение реальной системы. Пример петли гистерезиса, полученной путем микромагнитного моделирования, представлен на Рис. 1, (б).

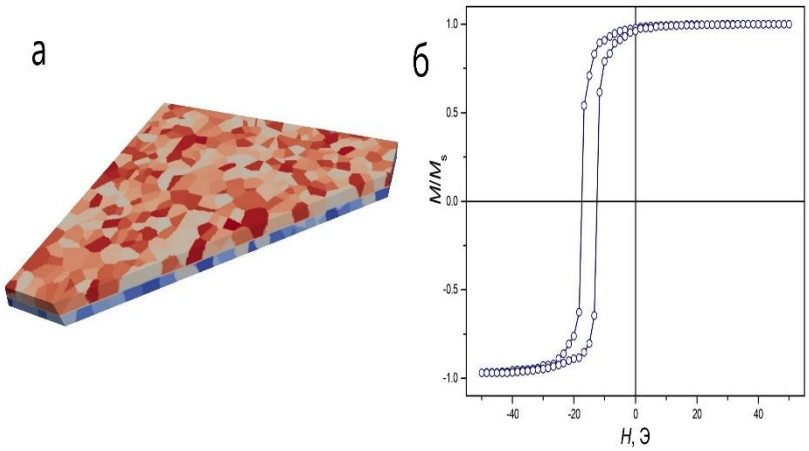


Рис. 1. (а) Разрез использованной геометрии, состоящей из ферромагнитного (выделен красным, сверху) и антиферромагнитного (выделен синим, снизу) слоев. Различные оттенки соответствуют разным кристаллитам. (б) Петля гистерезиса, полученная в результате микромагнитного моделирования.

Разработанная микромагнитная модель использована для описания экспериментальных магнитометрических петель гистерезиса пленок Ni-Mn/Fe-Ni, кристаллическая структура которых исследована методом рентгеновской дифракции

и просвечивающей электронной микроскопии [4]. Анализ температурной эволюции поля обменного смещения и коэрцитивной силы в пленках с различными толщинами слоев позволил получить количественную информацию о магнитной анизотропии антиферромагнетика Ni-Mn.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект № 19-72-00141.

1. Radu F, Zabel H, Magnetic Heterostructures, Berlin, Heidelberg: Springer, (2008).
2. Vansteenkiste A, Leliaert J, Dvornik M, Helsen M, Garcia-Sanchez F, Van Waeyenberge B, AIP advances, 4, 10, 107133 (2014).
3. De Clercq J, Vansteenkiste A, Abes M, Temst K, Van Waeyenberge B, J. Phys. D: Appl. Phys., 49, 43, 435001, (2016).
4. O'Grady K, Fernandez-Outon L E, Vallejo-Fernandez G, J. Magn. Magn. Mater., 322, 883–899, (2010).
5. Vas'kovskiy V O, Moskalev M E, Lepalovskij V N, Svalov A V, Larrañaga A, Balymov K G, Kulesh N A, J. All. Com., 777, 264-270, (2019).

СПИН-ПЕРЕОРИЕНТАЦИОННЫЙ ПЕРЕХОД И МАГНИТНАЯ АНИЗОТРОПИЯ СОЕДИНЕНИЙ $(Fe_{1\pm\Delta})_7Se_8$

Мозговых С.Н.[1], Акрамов Д.Ф.[1], Селезнева Н.В.[1], Баранов Н.В.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, ИЕНиМ, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Stepan.Mozgovykh@urfu.ru

SPIN-REORIENTATION TRANSITION AND MAGNETIC ANISOTROPY OF $(Fe_{1\pm\Delta})_7Se_8$ COMPOUNDS

Mozgovykh S.N.[1], Akramov D.F.[1], Selezneva N.V.[1], Baranov N.V.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

The single crystal of $(Fe_{1\pm\delta})_7Se_8$ have been synthesized and studied by means of X-ray diffraction, specific heat, thermal expansion and magnetization measurements. It has been found that a deviation from the 7:8 stoichiometry affects the spin reorientation transition and physical properties.

Соединение Fe_7Se_8 кристаллизуется в структурном типе NiAs. Физические свойства слоистых соединений с такой структурой зависят от замещений по обеим подрешеткам, а также от распределения вакансий в слоях и отклонений от стехиометрии. В соединении Fe_7Se_8 выявлены два магнитных фазовых перехода:

при T_N ~ 450 К наблюдается переход в ферримагнитное состояние, а при T_{SR} ~ 120 К – переход типа спиновой переориентации. Согласно данным нейтронографии, магнитные моменты железа упорядочены ферромагнитно внутри слоев, а взаимодействие между слоями является антиферромагнитным [1], однако, наличие вакансий приводит к неполной скомпенсированности магнитных моментов, что приводит к ферримагнетизму. Установлено, что изменения в распределении вакансий могут оказывать большое влияние на магнитное состояние атомов Fe и спин-переориентационный переход [2].

В настоящей работе выполнен синтез монокристаллов соединений $(Fe_{1\pm\delta})_7Se_8$ и проведено их исследование с целью изучить влияние нестехиометрии на физические свойства. Образцы были получены модифицированным методом Бриджмена в вакуумированных кварцевых ампулах, в стационарном температурном градиенте. Аттестация фазового состава проводилась на дифрактометре Bruker D8 Advance. Температурные и полевые зависимости намагниченности измерялись в температурном интервале 2 К – 380 К с помощью СКВИД-магнитометра MPMS (Quantum Design) в магнитных полях до 70 кЭ. Теплоёмкость измерялась на установке Quantum Design PPMS в температурном интервале 1.8 К – 300 К. Измерение теплоемкости проводилось релаксационным методом. На дилатометре DL-1500 RHP компании ULVAC-SINKU RIKO (Япония) в интервале температур от 80 К до 600 К были проведены измерения теплового расширения.

Были получены температурные и полевые зависимости намагниченности образцов $(Fe_{1\pm\delta})_7Se_8$. Магнитные свойства изучались в разных направлениях, благодаря чему была установлена магнитная анизотропия и константы анизотропии. Установлено, что небольшое отклонение от состава 7:8 оказывает существенное влияние на температуру спиновой переориентации. Так, при δ=-0.1 получено значение $T_{SR} \approx 90$ К, т.е. почти на 30 К ниже, чем в Fe_7Se_8. При этом температура магнитного упорядочения в нестехиометрическом соединении практически не изменилась по сравнению со стехиометрическим составом Fe_7Se_8. Измерения теплового расширения и теплоемкости, выполненные на образце $Fe_{6.9}Se_8$, не выявили никаких аномалий в области спин-переориентационного перехода в отличие от стехиометрического соединения Fe_7Se_8, в котором такой переход сопровождался аномальным изменением физических свойств и гистерезисом характерным для фазовых переходов 1-го рода.

Полученные данные показывают, что для соединений типа Fe_7Se_8 характерна сильная структурная обусловленность их физических свойств. Обнаружено, что даже небольшое отклонение от стехиометрии и вызванное этим изменение в распределении вакансий, оказывает сильное влияние на переход спиновой переориентации и поведение физических свойств в области такого перехода.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № FEUZ-2020-0054)

1. Kawaminami M. Neutron diffraction study of Fe7Se8 II / M. Kawaminami, A. Okazaki // Journal of the Physical Society of Japan/ – 1970. – V. 29. – P. 649 – 655.

2. Lyubutin I. S. et al. Structural, magnetic, and electronic properties of iron selenide Fe6-7Se8 nanoparticles obtained by thermal decomposition in high-temperature organic solvents //The Journal of chemical physics. – 2014. – Т. 141. – №. 4. – С. 0447n selenide Fe6-7Se8 nanoparticles obtained by thermal decomposition in high-temperature organic solvents //The Journal of chemical physics. – 2014. – Т. 141. – №. 4. – С. 044704.0.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СОРБЦИИ ПРОДУКТОВ ВЫСТРЕЛА НА ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОДНОЙ НАНОТРУБКИ

Назаренко А.К.[1], Кулиева Л.Э.[1], Борознина Е.В.[2], Галоян Д.М.[3]

[1)] РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия
[2)] ВолГУ, Волгоград, Россия
[3)] НИТУ МИСиС, Москва, Россия
E-mail: and.nazarencko2011@yandex.ru

THEORETICAL STUDIES OF THE PROCESS OF SORPTION OF THE SHOT PRODUCTS ON THE EXTERNAL SURFACE OF CARBON NANOTUBES

Nazarenko A.K.[1], Kulieva L.E.[1], Boroznina E.V.[2], Galoyan D.M.[3]

[1)] D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia
[2)] Volgograd State University, Volgograd, Russia
[3)] The National University of Science and Technology MISiS, Moscow, Russia

This paper presents the results of the study of the effect of structural modifications of carbon nanotubes on the surface adsorption of the main elements of the products of the shot of the traces of shot products. Carbon single-layer nanotubes of types (6,6), (3,6), (0,10) have been considered.

Для изучения процессов сорбции основных элементов следов продуктов выстрела (атомов алюминия, свинца и сурьмы) на поверхность углеродных нанотрубок было рассмотрено три структурных типа с различными граничными модификациями – «armchair» (6,6), «chiral» (3,6) и «zig-zag» (0,10). Расчеты проводились в рамках модели молекулярного кластера с использованием полуэмпирической схемы PM3. Моделирование процесса сорбции осуществлялось посредством пошагового приближения атомов металлов к внешней поверхности кластеров в трех положениях: 1) над атомом С гексагона УНТ; 2) над связью С-С гексагона УНТ; 3) над центром гексагона УНТ (рис.1).

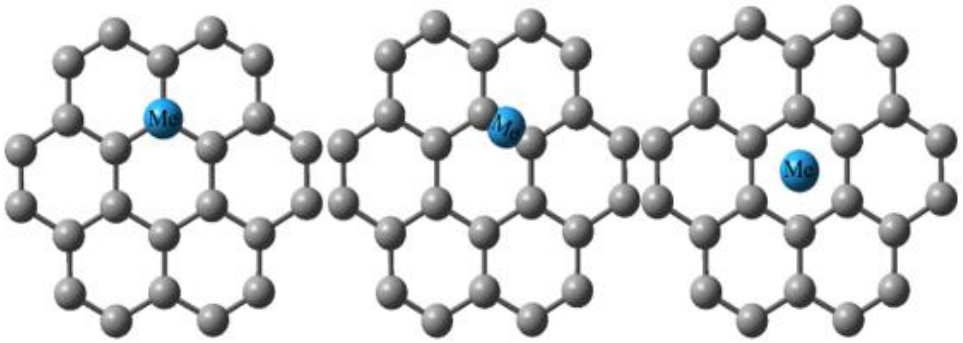


Рис. 1. Варианты положений атомов металлов относительно поверхности кластеров: 1) над атомом С гексагона УНТ; 2) над связью С-С гексагона УНТ; 3) над центром гексагона УНТ

Приближение атомов происходило вдоль нормали, относительно продольной оси кластеров к атомам С, либо к фиктивным атомам, находящимся в связи С-С и к центру гексагона УНТ и УНТ-[OH] кластеров [1].

Характеристики процесса сорбции были определены с помощью построенных профилей поверхности потенциальной энергии. Установлено, что на всех графиках присутствуют два энергетических минимума, для каждого из которых были определены основные электронно-энергетические параметры. Первый минимум соответствовал явлению химической адсорбции, определяющая по сумме ковалентным радиусов между атомами; а второй – физической – по сумме радиусов Ван-дер-Ваальса между атомами – в нашем случае – между атомом металла и атомом углерода.

Химическая адсорбция наиболее предпочтительная для всех атомов металлов на поверхности кластеров размера (6, 6) и (3, 6), а физическая для кластеров размера (0, 10). Предпочтение сорбции заключается в различных электронных свойствах кластеров: (6, 6) и (3, 6) – металлические, (0, 10) – полупроводниковые.

1. Поликарпов Д.И. Исследование механизма адсорбции атомарного водорода на поверхность однослойных триагулярных и альфа-структурированных борных нанотруб / Д.И. Поликарпов, И.В. Запороцкова // Вестник ВолГУ. – 2013. – № 1 (8). – 100 – 106 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИЗУЧЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНО-ИОНИЗАЦИОННОЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ ВТОРИЧНЫХ НЕЙТРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

Нигматзянов Р.Р.[1], Коваленко М.А.[1], Щелканов А.А.[2], Маркелов Ю.И.[2], Гадельшин В.М.[1, 3]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт промышленной экологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Институт физики, университет Иоганна Гутенберга, Майнц, Германия
E-mail: nigmatzyanov@outlook.com

DEVELOPMENT OF A METHOD TO STUDY ATMOSPHERIC AEROSOLS USING LASER IONIZATION SECONDARY NEUTRALS MASS SPECTROMETRY (LASER-SNMS)

Nigmatzyanov R.R.[1], Kovalenko M.A.[1], Shchelkanov A.A.[2], Markelov Yu.I.[2], Gadelshin V.M.[1, 3]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of industrial ecology of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[3)] Institute of Physics, Johannes Gutenberg University Mainz, Germany

This research is intended to study atmospheric aerosols, namely their structure and the distribution of chemicals in it, using laser ionization secondary neutrals mass spectrometry (laser-SNMS). An overview of the upcoming upgrade of an existing ToF-SIMS setup with a laser ion source will be given.

В XXI веке загрязнение воздуха различными аэрозольными примесями антропогенного происхождения является реальной проблемой для здоровья жителей нашей планеты. Существует высокий риск возникновения различных заболеваний, вызванных попаданием аэрозольных микрочастиц в живые организмы. Показано, что высокая концентрация частиц размером меньше 10 мкм вызывает обострение астмы, способствует увеличению смертности от онкологических заболеваний [1, 2]. Для обеспечения безопасности населения, большинство стран установили стандарты качества воздуха, регламентирующие предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде и помещениях, а также нормы допустимых промышленных выбросов в атмосферу.

Множество современных работ посвящено исследованиям атмосферного аэрозоля с точки зрения временной изменчивости его характеристик и пространственного распределения в атмосфере [3, 4]. Однако, мало кто рассматривает распределение химического состава по поверхности и объёму аэрозольных микрочастиц. Такая информация, позволяет идентифицировать источники загрязнений

и дает возможность более корректного прогнозирования поведения аэрозолей в окружающей среде [5]. Метод масс-спектрометрии вторичных ионов (SIMS) способен решать такие задачи. В основе этого метода лежит послойное распыление поверхности исследуемого образца под воздействием пучка первичных ионов. Выбиваемые таким образом с поверхности вторичные ионы, могут быть детектированы, а полученный масс-спектр с каждого пройденного участка позволяет воссоздать распределение химических элементов по поверхности и внутри образца.

Однако данный метод обладает существенным недостатком. Большинство выбиваемых с поверхности исследуемого образца частиц остаются нейтральными, и только ~1% из них вылетает в виде ионов, образующихся случайным образом и, как следствие, требующих калибровочных образцов для анализа концентрации содержащихся веществ. Эти недостатки могут быть устранены, при реализации метода лазерной пост-ионизации вторичных нейтральных частиц (laser-SNMS). Направляя лазерное излучение между поверхностью исследуемого образца и вытягивающим электродом (рис. 1а) и синхронизируя импульсы ионной пушки с работой электрода и лазерными импульсами (рис. 1б), можно добиться подавления сигнала вторичных ионов и детектировать только частицы, целенаправленно ионизованные с помощью лазеров. Благодаря высокой эффективности, использование лазерной ионизации значительно повышает качество масс-спектрометрического анализа. В применении к аэрозольным микрочастицам, это позволит более точно определять вещественный состав и его распределение по объёму исследуемых образцов. Эти и иные аспекты создания установки для лазерно-ионизационной масс-спектрометрии вторичных нейтральных частиц будут подробно представлены в докладе.

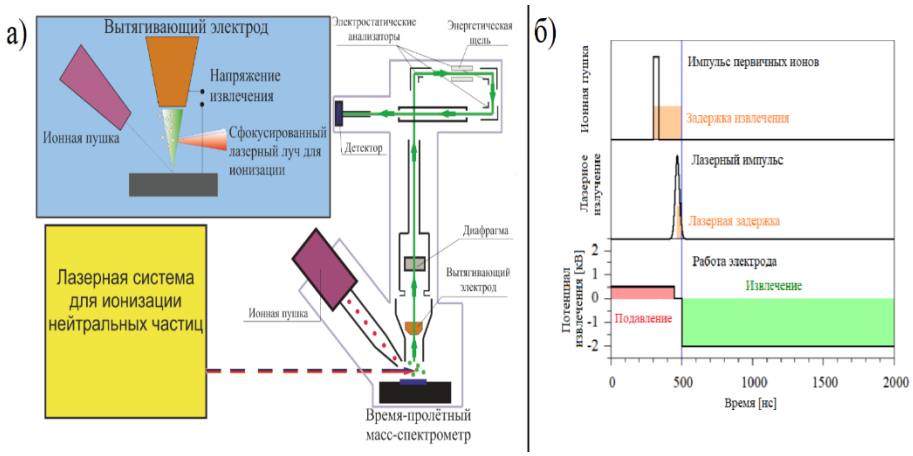


Рис. 1.а) Принципиальная схема установки лазерно-ионизационной масс спектрометрии вторичных нейтральных частиц; б) Временная развёртка принципа синхронизации импульсов ионной пушки с работой вытягивающего электрода и импульсами лазерного излучения

Данная работа представляет собой совместный проект кафедры технической физики Физико-технологического института УрФУ и лаборатории эколого-

климатических проблем Арктики Института промышленной экологии УрО РАН. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-05-50138.

1. Samoli E. et al. Acute effects of ambient particulate matter on mortality in Europe and North America: results from the APHENA Study // Environmental Health Perspectives, 116 (2008). – pp. 1480–1486. DOI: 10.1289/ehp.11345.
2. Schwarze P. E. et al. Particulate matter properties and health effects: consistency of epidemiological andtoxicological studies // Human and Experimental Toxicology, 25 (2006). – pp. 559-579.
3. Поддубный В. А. и др. Экспериментальные и теоретические исследования атмосферного аэрозоля на Среднем Урале // Вопросы радиационной безопасности, 84 (2016). – стр.27-45. УДК: 551.510.4.
4. Поддубный В. А., Наговицына Е.С. Восстановление пространственного поля концентрации атмосферного аэрозоля по данным локальных измерений: модификация метода статистики обратных траекторий // Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 49 (2013). – стр. 439-446.
5. Huang D. et al. Secondary ion mass spectrometry: The application in the analysis of atmospheric particular matter // Analytica Chimica Acta, 989 (2017). – pp. 1-14. DOI: 10.1016/j.aca.2017.07.042.

КИНЕТИКА СНЯТИЯ ПЕРЕОХЛАЖДЕНИЯ (ПЕРЕСЫЩЕНИЯ) В ЖИДКОСТЯХ ПРИ РОСТЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ

Никишина М.А.[1], Александров Д.В.[1]

[1)] Кафедра теоретической и математической физики, Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: margaritanikishina98@gmail.com

KINETICS OF DESUPERCOOLING (DESUPERSATURATION) IN LIQUIDS WITH ALLOWANCE OF THE GROWTH OF ELLIPTICAL CRYSTALS

Nikishina M.A.[1], Alexandrov D.V.[1]

[1)] Department of Theoretical and Mathematical Physics, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

A model for the evolution of an ensemble of elliptical crystals in a supercooled (supersaturated) liquid is formulated. An analytical solution of the formulated model is constructed. The volume distribution function of crystals and the kinetics of desupercooling (desupersaturation) are found.

Эволюция полидисперсных ансамблей частиц существенным образом зависит от особенностей нуклеации и кинетики роста отдельных зародышей. Одним из таких важных факторов является форма растущих кристаллов [1]. Отметим,

что часто используемое приближение о сферической форме растущих в метастабильной жидкости зародышей во многих случаях является достаточно грубым приближением. Так, например, возникает необходимость более аккуратного описания агрегатов, вытянутых в одном из направлений роста. Наиболее простой формой, позволяющей описывать рост таких частиц, является форма эллипсоида (рис. 1, изображённый в координатах сплюснутого эллипсоида вращения [2]). В настоящей работе определена скорость изменения объема частиц в форме эллипсоида. На основе этой зависимости сформулирована модель для исследования эволюции ансамбля кристаллов в переохлаждённой (пересыщенной) жидкости. Найдено граничное условие, определяющее поток эллиптических кристаллов, преодолевающих критический объём и способных к дальнейшему росту. На основе метода седловой точки построено аналитическое решение сформулированной интегро-дифференциальной модели. Найдена функция распределения кристаллов по объёмам эллиптических частиц, определена кинетика снятия переохлаждения (пересыщения) в жидкости. Выполнен анализ полученных зависимостей.

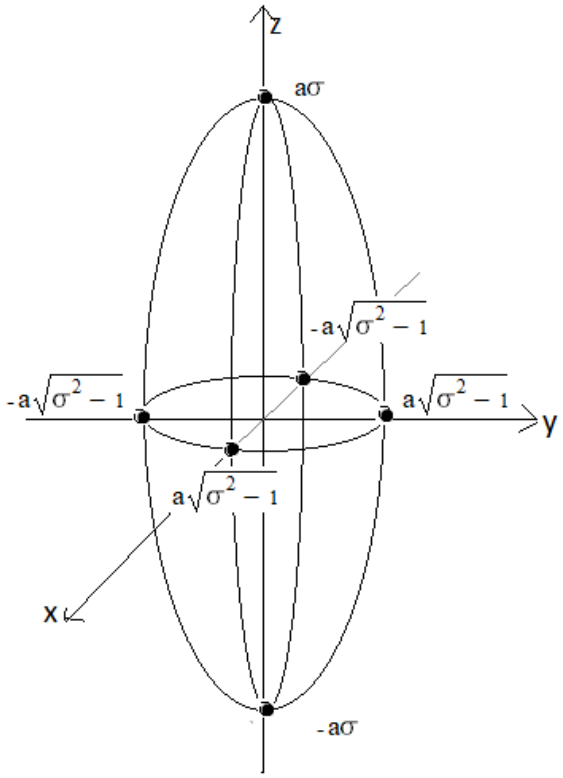


Рис. 1. Эллиптическая частица.

Работа поддержана Российским научным фондом (проект 18-19-00008).

1. Z.-W. Li, Y.-L. Zhu, Z.-Y. Lu and Z.-Y. Sun, General patchy ellipsoidal particle model for the aggregation behaviors of shape- and/or surfaceanisotropic building blocks, Soft Matter 14, 7625-7633 (2018).
2. Г. Корн, Т. Корн, Справочник по математике для научных работников и инженеров. - М.: Наука, 1973, 832 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАТИОНОВ ПО СТРУКТУРНО НЕЭКВИВАЛЕНТНЫМ ПОЗИЦИЯМ В МЕТЕОРИТАХ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ

Никитин И.А.[1], Бородин К.И.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 620002, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов им. Н. А. Михеева УрО РАН, 620108, Россия, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18
E-mail: ilia.ni2012@yandex.ru

X-RAY DIFFRACTION STUDY OF THE DISTRIBUTION OF CATIONS BY STRUCTURALLY NONEQUIVALENT POSITIONS IN METEORITES

Nikitin I.A.[1], Borodin K.I.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, 19 Mira Str., Yekaterinburg, 620002, Russian Federation
[2)] M. N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 620108, Ekaterinburg, 18 S. Kovalevskoi Str., Russian Federation

The qualitative and quantitative composition of the Bursa meteorite was determined, and populations of structurally nonequivalent positions in phases were found. Equations for clinopyroxenes are defined.

В данной работе проведено исследование метеорита Бурса. Для достижения этой задачи сначала была снята дифрактограмма и установлен фазовый состав Бурсы. Далее была определена модель кристаллической структуры фаз, входящих в образец.

Экспериментальная часть работы была выполнена на рентгеновском дифрактометре X'PertPro в лаборатории рентгеноструктурного анализа на кафедре теоретической физики и прикладной математики физико-технического института УрФУ. Съемка дифрактограммы проводилась на K(a)-излучении меди с фокусировкой по Бреггу-Брентано.

В результате было установлено, что метеорит Бурса содержит следующие фазы: оливин – $(FeMg)_2SiO_4$, ортопироксен – $(FeMg)_2Si_2O_6$, клинопироксен – $(FeMgCa)_2Si_2O_6$, анортит – $Al_2CaSi_2O_8$, тенит (γ-железо с никелем и кобальтом), камасит (α-железо с никелем и кобальтом), троилит – FeS, герцинит – Al_2FeO_4 и хромит – Cr_2FeO_4. В основном, в образце преобладают фазы оливина и ортопироксена. Остальные фазы обладают меньшим процентным содержанием.

Структурно неэквивалентными позициями M1 и M2 обладают такие фазы, как оливин, ортопироксен [1] и клинопироксен [2]. Для оливина и ортопироксена уже известны уравнения для нахождения содержания железа, а в случае клинопироксена, их необходимо получить.

Клинопироксен имеет химическую формулу $(FeMgCa)_2Si_2O_6$. Уравнения для определения заселённостей позиций M1 и M2 были неизвестны. Для анализа

были взяты данные из статьи [2]. По этим данным были построены графики и получены уравнения. В конечной модели установили параметры, подставляя которые в уравнения, получили:

2x(a) = 0,726; 2x(b) = 0,276; 2x(c) = 1,429; 2x(β) = 0,796;

xM1(a) = 0,635; xM1(b) = 0,119; xM1(c) = 0,308; xM1(β) = 0,711;

xM2(a) = 0,08; xM2(b) = 0,204; xM2(c) = 0,269; xM2(β) = 0,07;

Если для проверки сложить xM1 и xM2, то получится, что для параметров b и c значения 2x и (xM1 + xM2) сильно различаются, поэтому можно предположить, что эти параметры не подходят для оценки содержания железа в клинопироксене. Рассматривать можно только a и β. В итоге получились такие числа: xM1 = 0,673; xM2 = 0,075

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Сплавы») Г.р.№ АААА-А19-119070890020-3

1. M. Zema, M. Chiara Domeneghetti, V. Tazzoli, «Order-disorder ki-netics in orthopyroxene with exsolution products», American Mineralogist (1999)
2. C. Carbonin, A. Dal Negro, S. Ganeo, E.M. Piccirillo, «Influence of magma composition and oxygen fugacity on the crystal structure of C2/c cly-nopyroxenes from a basalt-pantellerite suite», Springer-Verlag (1991)

ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА И ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ СПЛАВОВ $Fe_{1-x}Co_xSi$

Ноговицына Т.А.[1], Бессонов С.А.[1], Повзнер А.А.[1], Волков А.Г.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: t.a.nogovitcyna@urfu.ru

ELECTRONIC STRUCTURE AND THERMAL EXPANSION OF ALLOYS $Fe_{1-x}Co_xSi$

Nogovitsyna T.A.[1], Bessonov S.A.[1], Povzner A.A.[1], Volkov A.G.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The electronic structure of Fe1-xCoxSi alloys was calculated. The obtained equation of magnetic state describes helicoidal ferromagnetism and its disappearance. It is shown that the thermal expansion has a wide negative minimum near Tc and changes sign upon transition to the paramagnetic state.

Приводятся результаты развитой спин-флуктуационной теории фазовых переходов в геликоидальных ферромагнетиках с взаимодействием Дзялошинского-Мории. На примере сплавов $Fe_{1-x}Co_xSi$ рассматривается роль электронной структуры в формировании мод спиновых флуктуаций. Основное состояние описывается на основе используемого в первопринципных расчетах приближения LDA+U+SO, с дополнительным учетом концентрационных флуктуаций связанных с различием потенциалов внутриатомного хаббардовского взаимодействия на узлах занятых атомами железа и кобальта. Подчеркивается, что основная особенность электронных состояний связана с расположением уровня Ферми вблизи локального минимума и острых пиков плотности d-состояний. В этих условиях возникает смена знака параметра взаимодействия спиновых флуктуаций, что приводит к термодинамической неустойчивости ферромагнетизма и к формированию геликоидального ближнего порядка с флуктуациями спиновой спирали. Исследованы причины того, почему объемный коэффициент теплового расширения (ОКТР) в области низких температур отрицателен и имеет широкий минимум вблизи ТС. Показано, что ОКТР при переходе в парамагнитное состояние, меняет знак.

В рамках самосогласованной термодинамической модели, учитывающей ангармонизм акустических и оптических фононных мод, рассмотрен решеточный вклад в тепловое расширение, сплавов $Fe_{1-x}Co_xSi$.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ $Fe_3Ti_4(S_y,Se_{1-y})_8$

Носовец В.С.[1], Селезнева Н.В.[1], Шерокалова Е.М.[1], Баранов Н.В.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, ИЕНиМ, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: vadim.nosovets@urfu.ru

STRUCTURAL FEATURES AND PHYSICAL PROPERTIES OF LAYERED COMPOUNDS $Fe_3Ti_4(S_y,Se_{1-y})_8$

Nosovets V.S.[1], Selezneva N.V.[1], Sherokalova E.M.[1], Baranov N.V.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

In this work, we synthesized and studied the properties of $Fe_3Ti_4(S_y,Se_{1-y})_8$ compounds in a wide temperature range in order to study the effect of substitution in the anionic sublattice on the structural, magnetic and transport properties.

В настоящее время значительный интерес представляют исследования халькогенидов титана, содержащих атомы 3d-переходных металлов (M) с незаполненными электронными оболочками. Халькогениды титана обладают слоистой структурой X – Ti – X – M – X – Ti – X (X = S, Se, Te), что в большой степени определяет их двумерный характер. Взаимодействия 3d атомов с атомами исходного соединения приводят к деформации кристаллической решетки, изменению электропроводности, эффективного магнитного момента внедренных магнитных атомов и возникновению различных магнитных состояний [1-3].

В представленной работе выполнен синтез и исследование физических свойств соединений $Fe_3Ti_4(S_y,Se_{1-y})_8$ в широком интервале температур с целью изучения влияния замещения по анионной подрешетке.

Образцы $Fe_3Ti_4(S_y,Se_{1-y})_8$ получены методом твердофазных реакций в вакуумированных кварцевых ампулах. Проведена аттестация кристаллической структуры на дифрактометре Bruker D8 Advance с использованием метода порошковой рентгеновской дифракции. Исследованы магнитные и магниторезистивные свойства с помощью измерений полевых и температурных зависимостей намагниченности и электросопротивления в широком интервале магнитных полей (до 90 кЭ) и температур 2 К – 1000 К. Измерения температурных зависимостей электрического сопротивления проводились стандартным 4-х контактным способом на постоянном токе, с использованием автономного криостата замкнутого цикла CryoFree 204. Полевые и температурные зависимости намагниченности в интервале 2 К – 370 К были получены на СКВИД-магнитометре MPMS

(QuantumDesign), а также с помощью вибромагнетометра Lake Shore VSM 7407 в температурном интервале 300 К – 1000 К.

В ходе работы было установлено, что все соединения системы $Fe_3Ti_4(S_y,Se_{1-y})_8$ кристаллизуются в моноклинной сингонии и описываются пространственной группой I12/m1 (структурный тип Cr_3S_4). Температура магнитного упорядочения соединений $Fe_3Ti_4(S_y,Se_{1-y})_8$ составляет около 150 К. При анализе температурных зависимостей магнитной восприимчивости в высокотемпературной области обнаружено отклонение от закона Кюри-Вейсса в диапазоне температур 500 К – 700 К. Подобное поведение может быть связано с наличием структурного перехода типа «порядок-беспорядок» в катионной подсистеме, в результате чего структура соединения претерпевает переход от моноклинной к тригональной структуре типа CdI_2, описываемой пространственной группой P-3m1.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № FEUZ-2020-0054).

1. N.V. Baranov, K. Inoue, V.I. Maksimov, A.S. Ovchinnikov, V.G. Pleschov, A. Podlesnyak, A.N. Titov, N.V. Toporova, Ni intercalation of titanium diselenide: effect on the lattice, specific heat and magnetic properties, J. Phys.: Condens. Matter, 16, 9243–9258 (2004).
2. N.V. Baranov, E.M. Sherokalova, N.V. Selezneva, A.V. Proshkin, A.F. Gubkin, L. Keller, A. S. Volegov and E.P. Proskurina. J. Physics: Condensed Matter, 25, 066004 (2013).
3. Н.В. Селезнева, Н.В. Баранов, В.Г. Плещев, Н.В. Мушников, В.И. Максимов. ФТТ 53, 2, 308 (2011).

ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЯЗЫВАНИЯ И ДИФФУЗИИ ГЕЛИЯ ВО ФТОРИДАХ КАЛЬЦИЯ, СТРОНЦИЯ И БАРИЯ

Осанова Э.Р.[1], Некрасов К.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н.Ельцина, г.Екатеринбург, Россия
E-mail: osanova.elvira@gmail.com

DYNAMIC SIMULATION OF BINDING AND DIFFUSION OF HELIUM IN CALCIUM, STRONTIUM AND BARIUM FLUORIDES

Osanova E.R.[1], Nekrasov K.A.[1]

[1)] The Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

A molecular dynamics simulation of helium diffusion in solid CaF_2, SrF_2 and BaF_2 was carried out using the empirical pair potentials reproducing the experimental strong binding of helium to cations in these crystals. The model diffusion coefficients and activation energies are determined.

Одним из перспективных направлений в атомной промышленности является внедрение высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов (ВТГР), где в качестве теплоносителя используется гелий. Несмотря на достоинства использования гелия в качестве теплоносителя, стоит учитывать и негативные стороны, такие как влияние гелия на конструкционные материалы. Также в других типах реакторах, как и ВТГР, происходит накопление гелия в кристаллах оксидного топлива (UO_2, PuO_2, ThO_2), что может приводить к деградации эксплуатационных характеристик. Известен эффект гелиевого охрупчивания, который приводит к разрушению конструкционных материалов реактора, что в свою очередь может негативно сказываться на безопасной эксплуатации реакторных установок.

Из-за предельных экстремальных условий, таких как высокие дозы облучения, давление, высокая температура в активной зоне реактора, возможности экспериментального исследования кристаллов оксидного топлива ограничены, поэтому актуально проведение исследования структурных аналогов. Структурными аналогами оксидного топлива являются, в частности, кристаллы CaF_2, SrF_2, BaF_2, имеющие кристаллическую решетку типа флюорит.

Особенности взаимодействия окружения гелия в кристаллах оксидного топлива и структурных аналогов изучены недостаточно. Перспективным инструментом исследования явлений дефектообразования и переноса в кристаллах является метод молекулярной динамики, отличающийся высокой производительностью и достаточной точностью моделирования. Актуально исследование механизмов растворения гелия в кристаллической решетке и восстановление достоверных эмпирических потенциалов взаимодействия атома гелия с ионами кристаллов, применимых для молекулярно-динамического моделирования. Также, актуально

совершенствование методики восстановления потенциалов, уточнение описания физики взаимодействия атома с окружением.

На основании экспериментальных данных о диффузии и растворении гелия в кристаллах CaF_2, SrF_2, BaF_2 [1-3] ранее были восстановлены статические парные потенциалы взаимодействия пар He^-F^-, He^-Ca^{2+}, He^-Sr^{2+}, He^-Ba^{2+} [4], которые характеризовались аномально сильным связыванием гелия с катионами. В настоящей работе с использованием молекулярно-динамического моделирования проведено сравнение потенциалов [4] с данными из газовой фазы и расчётами квантово-химическим методом Dmol. Рассчитаны частоты диффузионных скачков растворенного атома гелия при температурах от 1050 К до 1300 К, а также энергии активации междоузельной диффузии ED. При потенциалах [4] $ED(CaF_2)=2\pm0,1$ эВ, $ED(SrF_2)=1,10\pm0,08$ эВ, $ED(BaF_2)=1,2\pm0,2$ эВ.

Результаты динамического моделирования с потенциалами [4] в целом лучше соответствовали экспериментальным данным, чем альтернативные потенциалы, однако существенно занижали энергии растворения гелия. В результате работы стало ясным, что использование парных потенциалов не является достаточным для описания поведения системы. Необходимо усложнение модели взаимодействия атома гелия с ионами с использованием многочастичных потенциалов.

1. Купряжкин А.Я., Попов Е.В. Междоузельная диффузия гелия во фторидах кальция, стронция и бария // Физика твердого тела. Т.26. вып.1. 160-163 с. (1984).
2. Kupryazhkin A.Ya, Kurkin A.V., Semenov O.V. Helium solubility, diffussion and interaction in ionic crystals // Journal of Nuclear. Materials. 208 v, 180-185 p. (1994).
3. Дудоров А.Г. , Купряжкин А.Я. Диффузия и растворимость гелия в монокристаллах фторида свинца в области суперионного перехода // ФТТ. Т. 40, № 4. 759-760 с. (1998).
4. Некрасов К.А., Купряжкин А.Я., Здобнухина Н.В., Рыжков М.В. Потенциалы взаимодействия атомов инертных газов с двухзарядными катионами // Вопросы атомной науки и техники. Серия «Материаловедение и новые материалы». 1(66). С. 105-111 (2006).

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЛЬНОГО ПРОБОЯ ВОЗДУХА БЕГУЩЕЙ ТЕМ-ВОЛНОЙ ПРИ ИНИЦИАЦИИ ЕГО УБЕГАЮЩИМИ ЭЛЕКТРОНАМИ

Осипенко Е.А.[1], Шарыпов К.А.[2], Шунайлов С.А.[2], Яландин М.И.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

[2)] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук

E-mail: ea.iep@yandex.ru

INVESTIGATION OF RADIAL AIR BREAKDOWN BY TRAVELING TEM-WAVE INITIATED BY RUNAWAY ELECTRONS

Osipenko E.A.[1], Sharypov K.A.[2], Shunailov S.A.[2], Yalandin M.I.[2]

[1)] Ural Federal University

[2)] Institute of Electrophysics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Investigations of the air breakdown in the field of traveling TEM-wave have been performed. Also researches of the breakdown were carried out both at various amplitudes and at different durations of high voltage pulse.

Представлены результаты проведенных экспериментов по исследованию пробоя атмосферного воздушного промежутка в поле бегущей поперечной электромагнитной волны ТЕМ. В качестве промежутка использовался радиальный зазор 44-омной воздушной коаксиальной передающей линии (ПЛ). Локализация пробоя в определённой области обеспечивалась усилителями электрического поля, представлявшими сменные вставки в центральный электрод в виде дисков с полутороидальной кромкой. Выступы с высотой 0.5-1.5 мм при толщине 4-1 мм, соответственно, и величине радиального зазора 12.5 мм, не вносили существенных отражений для бегущей волны, что контролировалось осциллографическим рефлектометром Tek-DSA8200 с полосой 20 ГГц и фронтом тестового импульса 25 пс. В целом, коаксиальный высоковольтный тракт от субнаносекундного генератора РАДАН до окончания тестируемой ПЛ имел локальные рассогласования по волновому сопротивлению (дискретные неоднородности) не более ±1 Ом. От места установки вставки до окончания ПЛ имелся участок длиной ~30 см, что в 1.5 превышало длительность высоковольтного импульса при двойном пробеге. Это давало возможность применить методику динамической рефлектометрии [1,2] для анализа темпа развития пробоя в радиальном поле. При использовании бегущей волны напряжения с амплитудой -100 кВ, согласно данным в работе [3], наиболее тонкая фольговая вставка в центральный электрод обеспечивала усиление электрического поля, достаточное для выполнения полевого критерия убегания тепловых электронов в локальной области возле усилителя поля и поддержание режима убегания этих ускоренных частиц в остальной части радиального

промежутка. Полученные данные сравнивались с режимом искусственного короткого замыкания радиального промежутка линии в области расположения усилителя. Быстрые электроны регистрировались коллекторным датчиком тока за фольговым окном наружного электрода ПЛ напротив усилителя поля. Исследования радиального пробоя проводились как и при различной амплитуде, так и при различной длительности высоковольтного импульса.

Кроме того, проведены исследования электрической прочности атмосферного воздуха в поле бегущей ТЕМ-волны напряжения при различных экспозициях сильного электрического поля, нарастающего на разрядном промежутке за время в диапазоне (0.05-0.2) нс с темпом до 2 МВ/нс.

1. K. A. Sharypov, et al., Rev. Sci. Instrum. 84, 055110 (2013)
2. K. A. Sharypov, et al., Rev. Sci. Instrum. 85, 125104 (2014)
3. N. M. Zubarev, et al., J. Phys. D: Appl. Phys. 51, 284003 (2018)

ПОЛУЧЕНИЕ НЕСФЕРИЧЕСКИХ ФОРМ НАНОЧАСТИЦ PBO МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ В ЖИДКОСТИ

Осипова М.А.[1], Лисьих Б.И.[1], Пряхина В.И.[1], Грешняков Е.Д.[1], Шишкина Е.В.[1], Шур В.Я.[1]

[1)] Институт Естественных Наук и Математики, Уральский федеральный университет
E-mail: mooosip@bk.ru

PRODUCTION OF NON-SPHERICAL PBO NANOPARTICLES BY LASER ABLATION IN LIQUID

Osipova M.A.[1], Lisjikh B.I. [1], Pryakhina V.I. [1], Greshnyakov E.D.[1], Shishkina E.V.[1], Shur V.Ya.[1]

[1)] Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University

Production of non-spherical crystalline nanoparticles by laser ablation in liquid has been demonstrated recently. Here we studied the shape variety of PbO nanoparticles prepared by laser ablation in deionized water and isopropyl alcohol (IPA). Only spherical nanoparticles have been obtained in IPA.

Способы формирования коллоидных растворов наночастиц металлов и их оксидов, изучение их характеристик привлекают внимание благодаря возможностям их использования в медицине, оптике, химии и биологии [1, 2]. Лазерная абляция в жидкости позволяет создавать растворы свободные от химических примесей и предоставляет новые возможности по управлению характеристиками синтезируемых наночастиц [1, 3].

Чтобы увеличить потенциал использования несферических наночастиц оксида металла, необходимо контролировать форму полученных наноструктур [1]. Так, например, несферические наночастицы PbO используются в преобразователях рентгеновского излучения, фотоэлектрических устройствах и электрокатализе.

В данной работе мы исследовали форму наночастиц получаемых в результате лазерной абляции мишени Pb (99,99%) в деионизованной воде и изопропиловом спирте. Лазерная абляция проводилась с помощью лазерного комплекса Fmark-20 RL (ЦЛТ, Россия) оснащенного импульсным волоконным Yb лазером (IPG Photonics, ИРЭ Полюс, Россия) с длиной волны 1062 нм, длительностью импульсов 100 нс и частотой 21 кГц.

Известно, что свинец на воздухе покрывается тонкой пленкой оксида PbO. В результате лазерной абляции свинцовых мишеней в воде получены наночастицы PbO различных форм: пластины, стержни, сферы (рисунок 1). Образование наночастиц различных форм объяснено за счет роста в воде оксида свинца, образующегося при взаимодействии свинца с водой [4]. В результате лазерной абляции в спирте формировались только сферические наночастицы. Добавление эквивалентного количества деионизованной воды в спирт со сферическими наночастицами PbO после лазерной абляции приводит к образованию несферических форм PbO (пластины). Данные эксперименты подтверждают предложенный механизм роста несферических форм PbO именно в воде, так как окисления Pb в спирте не происходит.

В результате лазерной абляция свинцовой мишени в смеси вода-спирт обнаружено изменение соотношения наночастиц сферических и несферических форм в зависимости от пропорций составляющих жидкостей (25:75%, 50:50%, 75:25% вода и спирт, соответственно). Зависимости размеров и форм полученных наночастиц от температуры раствора и продолжительности процесса роста могут быть использованы для контролируемого создания несферических наночастиц PbO.

В работе использовалось оборудование Уральского центра коллективного пользования «Современные нанотехнологии» ИЕНиМ УрФУ.

1 Zhang, D., B. Gökce, S. Barcikowski Laser synthesis and processing of colloids: fundamentals and applications // Chem. Rev., (2017), Vol. 117, P. 3990–4103

2 Б. Д. Сумм, Н. И. Иванова Коллоидно-химические аспекты нанохимии – от Фарадея до Пригожина // Вестник Московского Университета. Химия, (2001), Т. 42, № 5, С. 300-305.

3 И. В. Кавецкая, Т. В. Волошина, В. А. Караванский, В. И. Красовский Оптические свойства наночастиц // Конденсированные среды и межфазные границы золота, (2009), Т. 11, № 1, С. 53-57.

4 Pryakhina V. I., Gunina E. V., Lisjikh B. I., Osipova M. A., Greshnyakov E. D., Shishkina E. V., Shur V. Ya. Shapes change of PbO nanoparticles produced by laser ablation in liquid // IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., (2019), Vol. 699, P. 012038.

ИЗМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ХОНДРИТА ЧЕЛЯБИНСК ПОСЛЕ ТЕПЛОВОГО И РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Панков С.А.[1], Петрова Е.В.[1], Кругликов Н.А.[1, 2, 3], Даниленко И.А.[1], Нифонтов Р.В.[1], Гроховский В.И.[1], Гущина Н.В.[4], Махинько Ф.Ф.[3, 4], Овчинников В.В.[1, 4]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия
[4)] Институт электрофизики Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: serega_drakon@mail.ru

MODIFICATION OF THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF THE CHELYABINSK CHONDRITE AFTER THE THERMAL AND RADIATIVE INFLUENCE

Pankov S.A.[1], Petrova E.V.[1], Kruglikov N.A.[1, 2, 3], Danilenko I.A.[1], Nifontov R.V.[1], Grokhovsky V.I.[1], Gushchina N.V.[4], Mahin'ko F.F.[3, 4], Ovchinnikov V.V.[1, 4]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia
[3)] Ural University of Economics, Ekaterinburg, Russia
[4)] Institute of Elecrophysics of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Heat treatment at the vacuum furnace and irradiation with Ar ions of the light-colored lithology of the Chelyabinsk chondrite samples were carried out. Reflectance spectra were measured on the samples before and after the experiments in the visible range and were analyzed.

Обыкновенные хондриты – наиболее представительный класс метеоритного вещества, встречающегося на Земле. Термический, ударный и радиационный метаморфизм приводят к изменениям спектров отражения метеоритного вещества. Целью данной работы было изучение влияния различных факторов космического выветривания на изменение спектров отражения светлой литологии метеорита Челябинск. Для этого были проведены эксперименты по нагреву и облучению вещества обыкновенного хондрита Челябинск с последующим анализом спектров отражения.

Образцы хондрита Челябинск были подготовлены в форме параллелепипедов со сторонами ~1,2 см. Одна из граней была отполирована с целью создания

одинаковых условий при фиксации изменений в веществе образца до и после проведения экспериментов.

Нагрев образцов проводили в вакуумной электропечи СНВЭ-9/18 при давлении 10^{-2} Па по методике, описанной в [1]. Пять фрагментов были нагреты до температур 700, 900, 1100, 1300 и 1500°С с последующим охлаждением в печи.

Облучение образцов непрерывными пучками ионов Ar^+ с энергией 40 кэВ с контролем температуры выполняли на ионном имплантере ИЛМ-1, оснащенном ионным источником ПУЛЬСАР-1М на основе тлеющего разряда с холодным полым катодом [2]. Измерение спектров производили после накопления поверхностью образцов флюенса $1{,}25\cdot10^{15}$; $1{,}25\cdot10^{16}$; $1{,}25\cdot10^{17}$ и $5\cdot10^{17}$ см$^{-2}$.

Регистрацию спектров отражения с поверхностей образцов осуществляли с помощью спектрофотометра Perkin Elmer Lambda-35. Спектры отражения образца светлой литологии метеорита Челябинск в видимом диапазоне после облучения ионами Ar^+ до накопления различного флюенса приведены на рис. 1.

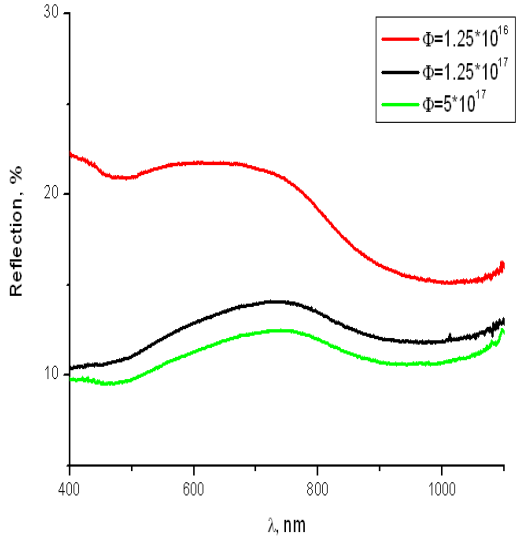


Рис. 1. Спектры отражения образца светлой литологии метеорита Челябинск в видимом диапазоне после облучения ионами Ar^+

В результате метаморфизма вещества светлой литологии хондрита Челябинск под действием нагрева в вакуумной печи в спектре отражения отмечены значительное уменьшение альбедо и отрицательный наклон спектра в синем диапазоне. При этом спектр принял вид, аналогичный спектрам отражения темной литологии хондрита Челябинск, а также ударного расплава, образованного в результате ударно-волнового эксперимента с веществом светлой литологии хондрита Челябинск, приведенным в [3].

Спектры образцов светлой литологии метеорита Челябинск после облучения ионами Ar^+ с накоплением флюенса до $1{,}25\cdot10^{16}$ см$^{-2}$ не демонстрировали значимых отличий от спектра исходного образца, тогда как потемнение спектра во всем диапазоне длин волн наблюдается при флюенсе более $1{,}25\cdot10^{17}$ см$^{-2}$.

Таким образом, экспериментально подтверждено, что факторы космического выветривания влияют на спектры отражения внеземного вещества и могут менять таксономический класс безатмосферных тел Солнечной системы.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект 5.4825.2017/6.7, тема «Давление», № АААА-А18-118020190104-3), а также Акта 211 Правительства Российской Федерации, Соглашение № 02.А03.21.0006.

1. I. A. Danilenko, E. V. Petrova, G. A. Yakovlev, V. I. Grokhovsky Experimental modeling of the thermal effect on Chelyabinsk meteorite. Meteoritics and Planetary Science, 54, S2, 6187 (2019)
2. Гаврилов Н.В., Никулин С.П., Радковский Г.В. Источник интенсивных широких пучков ионов газов на основе разряда с полым катодом в магнитном поле. Приборы и техника эксперимента, 1, 93-98 (1996)
3. N. A. Kruglikov, I. A. Danilenko, R. F. Muftakhetdinova, E.V. Petrova, V. I. Grokhovsky. Spectral Characteristics of the Meteoritic Material after the Modeling of Thermal and Shock Metamorphism. AIP Conference Proceedings 2174, 020227 (2019); https://doi.org/10.1063/1.5134378

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК СИСТЕМЫ ZnO-C

Панков С.Ю.[1], Макагонов В.А.[1], Фошин В.А.[1],
Каширин М.А.[1], Жилова О.В.[1]

[1)] Воронежский Государственный Технический Университет, г. Воронеж, Россия
E-mail: srgpank@mail.ru

INFLUENCE OF SYNTHESIS CONDITIONS ON THE OPTICAL PROPERTIES OF THE ZNO-C THIN FILM SYSTEM

Pankov S.Yu.[1], Makagonov V.A.[1], Foshin V.A.[1], Kashirin M.A.[1], Zhilova O.V.[1]
[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

The optical properties of ZnO-C thin film system prepared by ion-beam sputtering has been investigated. The addition of carbon in synthesis process leads to a decrease in the transparency of the film by almost 2 times. The results of calculating the band gap for the obtained samples are presented.

Как известно, физические свойства получаемых послойным осаждением тонкопленочных систем определяются структурным состоянием формируемых пленок [1, 2]. Целью данной работы было установление влияния условий получения на оптические свойства тонких пленок ZnO-C. Для этого экспериментальные образцы были получены методом ионно-лучевого напыления путем послойного осаждения слоев ZnO и C на стеклянную подложку при комнатной температуре. Таким образом были получены две системы: [ZnO-C]81 и [ZnO/C]25 с

количеством эквивалентных бислоев ZnO/C 81 и 25, соответственно, которые имели одинаковую общую толщину пленки порядка 130 нм и отличались толщиной слоев ZnO. Аттестация методами рентгеноструктурного фазового анализа и просвечивающей электронной микроскопии показала, что для всех образцов при осаждении формируется гексагональная нанокристаллическая фаза ZnO группой симметрии P63mc с размерами кристаллитов порядка 5 нм, и аморфная фаза углерода. Анализ поперечного среза показал, что в случае системы [ZnO-C]25 формируется периодическая структура, состоящая из слоев оксида цинка и углерода, а образцы системы [ZnO-C]81 являются композитом.

Для исследования оптических свойств использовался двухлучевой спектрофотометр ECOVIEW UV-6100C. Анализ спектров пропускания в интервале длин волн $\lambda = 300-1100$ нм (см рис. 1) показал, что добавление углерода в процессе синтеза приводит, как и ожидалось, к снижению пропускания во всем диапазоне длин волн почти в 2 раза для всех образцов. Оценка оптической ширины запрещенной зоны Egopt проводилась из формулы спектральной зависимости коэффициента поглощения $\alpha = -\lg(T)/h_{film}$, (где T пропускание, h_{film} толщина пленки) линейной экстраполяцией зависимости $(\alpha h\nu)2$ от энергии фотона $h\nu$ к значению $\alpha = 0$ в области края фундаментального поглощения. Для образца системы [ZnO-C]25 она сопоставима с шириной запрещенной зоны пленки чистого ZnO (3,37 эВ), полученного по той же методике, для системы [ZnO-C]81 она составила более 4 эВ. Данные различия в значениях оптической ширины запрещенной зоны могут быть связаны со значительным вкладом сдвига Мосса – Бурштейна, и связанного с изменением концентрации свободных носителей в зоне проводимости вырожденного полупроводника [1].

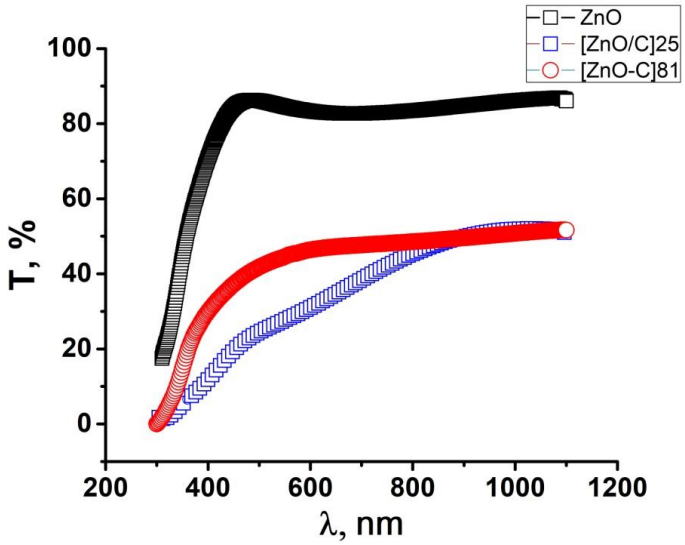


Рис. 1. Зависимости коэффициента пропускания от длины волны

Работа была выполнена при поддержке РФФИ (проект № 19-48-360010)

1. O.V. Zhilova, S.Yu. Pankov, A.V. Sitnikov, Y.E. Kalinin, M.A. Kashirin, V.A. Makagonov Optical and electrical properties of thin-film hetero-structures of the In2O3-ZnO system / Materials research express. Vol. 6. 086330. (2019).
2. O.V. Zhilova, S.Yu. Pankov, A.V. Sitnikov, Yu.E. Kalinin, M.N. Volochaev, V.A. Makagonov Structure and electrophysical properties of thin film SnO2-In2O3 heterostructures / Journal of materials science-materials in electronics. Vol. 30. 11859. (2019).

ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ОКСИДА ИТТРИЯ, ДОПИРОВАННОГО АЛЮМИНИЕМ И ЛИТИЕМ

Панков В.А.[1], Чуркин В.Ю.[1], Звонарев С.В.[1], Фролов Е.И.[1, 2], Юлин А.Д.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия
E-mail: pankovvitaliy1997@gmail.com

TERMOLUMINESCENCE OF YTTRIUM OXIDE DOPED WITH ALUMINUM AND LITHIUM

Pankov V.A.[1], Churkin V.Y.[1], Zvonarev S.V.[1], Frolov E.I.[1, 2], Yulin A.D.[2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Samara State Technical University, Samara, Russia

Samples of yttrium oxide doped with lithium and aluminum were synthesized in vacuum at temperatures of 1200-1400 °C. The spectra of thermoluminescence were measured.

Металлы редкоземельной группы являются оптическими материалами с высокой интенсивностью люминесценции, что позволяет использовать их в качестве светодиодов. В частности Y_2O_3 используется в электронно-лучевых трубках при низких напряжениях, антиотражающего покрытия и оптических волноводов [1]. Легированный оксид иттрия применяется во многих областях техники, таких как твердотельные лазеры, люминесцентные лампы, солнечные элементы, оптоэлектронные устройства. В этой связи в данной работе проведено исследование керамик на основе оксида иттрия с примесями алюминия и лития.

Синтез исследуемой керамики состоял из четырех этапов. На первом этапе были получены компакты методом холодного статического прессования при давлении 125 МПа чистого (99,9993%) порошка Y_2O_3. На втором – проводился термический отпуск компактов для увеличения прочностных свойств образцов при следующих параметрах: 450 оС, 0,5 часа. На третьем этапе пористые матрицы Y_2O_3 в течении 30 минут пропитывались в растворах кристаллогидрата лития ($Li(NO_3)•3H_2O$) с концентрацией лития 1 и 4,7 масс. % и кристаллогидрата алюминия ($Al_2(NO_3)_3•9H_2O$) с содержанием алюминия 1 и 4,9 масс. %. Часть образцов получена при одновременной пропитке в растворах двух вышеописанных

кристаллогидратов. Заключительным этапом синтеза стало спекание пропитанных образцов в атмосфере низкого вакуума (1,3·10-2 Па) при температурах 1200 и 1400 оС в течении одного часа.

Исследование термолюминесценции (ТЛ) проводилось на установке дозиметрической системы «Грей» при линейном нагреве со скоростью 2 К/с в диапазоне температур от 300 до 770 К. Регистрация ТЛ осуществлялась в спектральном диапазоне 230-700 нм после облучения импульсным электронным пучком с энергией: 130□10 кэВ (15 кГр).

При температуре отжига 1200 оС на кривых ТЛ нелегированного оксида иттрия был зарегистрирован один высокоинтенсивный пик с максимумом при 425 К, и два низкоинтенсивных пика с максимумами при 360 и 600 К. При увеличении температуры отжига до 1400 ºС интенсивность люминесценции всех пиков возрастает и наибольшая интенсивность люминесценции регистрируется для пика с максимумом при 360 К. Аналогично недопированному оксиду иттрия при температуре отжига 1200 ºС на кривых ТЛ преобладает пик с максимумом 425 К, а при 1400 ºС наибольшую интенсивность имеет пик при 360 К. При этом интенсивность первого пика увеличилась более чем в 18 раз, а второго в 5 раз. При больших концентрациях допанта наблюдается эффект концентрационного тушения. Легирование образцов литием также как алюминием увеличивает интенсивность свечения низкотемпературного пика при 360 К.

Наибольшая интенсивность ТЛ пиков наблюдается для керамик одновременно допированных алюминием и литием. Для керамики, отожженной при температуре 1200 ºС, максимум интенсивности ТЛ наблюдается для пика при 425 К при содержании Al и Li 1 масс. %. Для керамики, отожженной при температуре 1400 ºС, доминирующим является пик при 360 К при максимальной концентрации допантов (4,7 масс. % Li и 4,9 масс. % Al).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-72-10082).

1. N.J. Shivaramu et al., Photoluminescence and thermoluminescence studies of 100 MeV Si8+ ion irradiated Y_2O_3: Dy^{3+} nanophosphor, Journal of Luminescence, V. 209, p. 179-187 (2019).

МАГНИТНАЯ ФАЗОВАЯ ДИАГРАММА ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛОВ И МАГНИТНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ В РАМКАХ S-D МОДЕЛИ

Панкратова А.К.[1, 2], Игошев П.А.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: pankratovaanny@yandex.ru

THE GROUND-STATE MAGNETIC PHASE DIAGRAM OF METALS AND MAGNETIC SEMICONDUCTORS WITHIN THE S-D MODEL

Pankratova A.K.[1, 2], Igoshev P.A.[1, 2]
[1)] Ural federal university, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metal Physics UB RAS, Ekaterinburg, Russia

The s-d model was used to study the type of magnetic order depending on the parameters (s-electron concentration and s-d exchange interaction value) for square, simple cubic, bcc, and fcc lattices in the approximation of the nearest and next-nearest neighbors.

Описание магнитных свойств систем с редкоземельными элементами, в которых магнитные (f-электроны) и транспортные (s-электроны) степени свободы разделены, представляет собой сложную нерешенную задачу. В рамках s-d модели исследуется тип магнитного порядка в зависимости от параметров (концентрация s-электронов n, величина s-d обменного взаимодействия $I < 0$) для квадратной, простой кубической, ОЦК и ГЦК решеток в приближении ближайших и следующих за ближайшими соседей.

В ходе исследования были построены магнитные фазовые диаграммы основного состояния для различных решеток, на которых были найдены все возможные типы соизмеримого антиферромагнитного порядка, переходы между которыми с изменением числа носителей реализуются как через области фазового расслоения, так и спирального магнитного порядка. Вблизи потолка и дна зоны обнаруживается ферромагнитный порядок.

Также был изучен вопрос насыщенности обнаруженных магнитных состояний (энергия Ферми попадает только в одну из подзон: в подзону для электронов с проекцией спина вверх или вниз). Оказалось, что насыщенные состояния преимущественно реализуются при больших абсолютных значениях s-d обменного взаимодействия.

Сравнение с расчетами в рамках модели Хаббарда в аналогичном приближении показывает [1], что наличие локальных моментов стабилизирует ферромагнитный порядок при малом числе носителей тока даже при малых (-I). В случае большого числа носителей результаты качественно близки: обнаруженные состояния и типы фазовых переходов между ними одинаковы.

Полученные результаты могут быть применены к описанию свойств ферромагнитных полупроводников и соединений, содержащих ионы редкоземельных металлов.

1. P.A. Igoshev et al., J. Phys.: Condens. Matter 27, 446002 (2015)

ION BEAM DOMAIN PATTERNING IN PLATES OF NON-POLAR CUT LITHIUM NIOBATE

Pashnina E.A.[1], Chezganov D.S., Vlasov E.O., Turygin A.P., Nuraeva A.S., Shur V. Ya.[1]

[1)] School of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
E-mail: helen.pashnina@gmail.com

The domain switching by ion beam on Y-cut plates of lithium niobate has been studied. The irradiation resulted in the formation of wedge-like domains grown along Z-polar direction. We have measured dependences of the domain sizes on irradiation conditions and proposed model of domain growth.

The domain evolution on the polar surfaces of lithium niobate (LN) during switching by various techniques is well studied whereas the forward growth stage of domain evolution mostly remained hidden. The domain interaction during the stage is one of the key problems for the creation of the periodical domain structures with short periods. The focused ion beam (i-beam) irradiation controlled by the lithographic system was shown to be a promising method for short-pitch domain poling due to highly localized nanosized field source induced by injected charges [1]. The study of domain switching by i-beam on the nonpolar cuts allow revealing the features of domain intergrowth along the polar direction. From a practical point of view, the geometry of the X-cut LN plates provides direct access to the largest nonlinear-optical and electro-optical tensor elements that promises a smaller size of devices.

We have studied the i-beam domain patterning in 1-mm-thick Y-cut optical grade plates of MgO-doped lithium niobate (MgOLN) single crystals. The 100-nm-thick solid Cu electrode was deposited on the opposite surface and grounded during irradiation. The dual-beam Auriga Crossbeam Workstation (Carl Zeiss NTS) equipped with i-beam lithography system Elphy Multibeam (Raith GmbH) was used for i-beam irradiation [2]. The piezoresponse force microscopy (PFM) was applied for the surface domain imaging. The surface relief obtained after selective chemical etching in $HF:HNO_3$ 1:1 was visualized by optical microscopy in the dark field mode, by the scanning electron microscopy in secondary electron detection mode. The atomic force microscopy was used to measure domain depth after etching.

The dot irradiation resulted in the formation of the wedge-like domains along Z- polar direction. The nonlinear behavior of the domain length (Figure 1a) and width with dose was attributed to the nonlinear time dependence of the backscattered ion emission resulting in a nonlinear decrease of the injected positive charge. We have obtained the weak dependence of domain sizes on the i-beam current which was explained by the i-beam spot increase. The significant decrease in the domain sizes with the increase in ion energy (Figure 1b) was observed and explained by the secondary electron emission reduction, while secondary ion emission increased [3]. The maximum measured depth of domains was about 65 nm for a dose of 1 pC.

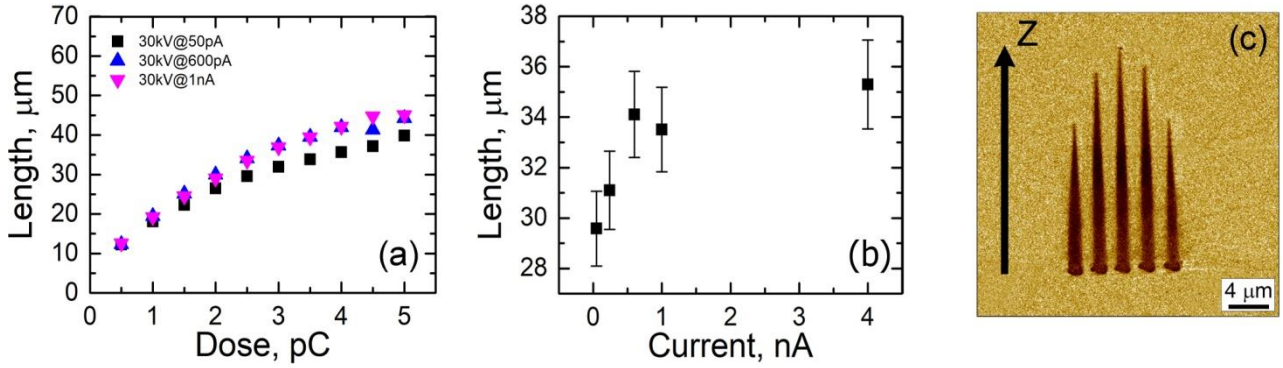


Fig. 1. Dose dependences of (a) domain length of wedge-like domain base, (b) I-beam current dependences of domain length, (c) PFM image of needle-like domains.

We have proposed the physical model of the domain nucleation and growth after i-beam irradiation. Domain nucleates and grows along the polar axis in a thin surface layer under the action of the polar component Ez induced by the space-charge accumulated during i-beam irradiation (Figure 1c). The space charge is determined by ion energy, beam current and irradiation dose. The direction of the domain growth depends on the sign of injected charge. Thus, the positive charge injection by i-beam leads to the domain growth towards Z– polar surface.

The equipment of the Ural Center for Shared Use "Modern nanotechnology" Ural Federal University was used. The research was made possible by the Russian Science Foundation (grant № 19-72-00091).

1. D.S. Chezganov, V.Ya. Shur, et al., Appl. Phys. Lett. 110, 082903 (2017).
2. D.S. Chezganov, E.A. Pashnina, et al., Ferroelectrics (in press).
3. K.F. Minnebaev, E.I. Rau, et al., Phys. Solid State 61, 1013 (2019).

ПРОВОДИМОСТЬ МЕМРИСТОРНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ НАНОТУБУЛЯРНОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Петренёв И.А.[1], Вохминцев А.С.[1], Камалов Р.В.[1], Вайнштейн И.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: i.a.petrenev@urfu.ru

CONDUCTIVITY OF MEMRISTOR STRUCTURES BASED ON NANOTUBULAR ZIRCONIUM DIOXIDE

Petrenyov I.A.[1], Vokhmintsev A.S.[1], Kamalov R.V.[1], Weinstein I.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

ZrO_2-nt layer was synthesized by potentiostatic anodization. The Zr/ZrO_2-nt/Au structure was fabricated using magnetron sputtering. Current-voltage characteristics were measured in conditions of the conduction filaments formation. Electrical parameters of the memristors were estimated.

В энергонезависимых устройствах резистивной памяти (ReRAM) переключение между состояниями осуществляется за счёт контролируемого разрушения с последующим восстановлением предварительно сформированных проводящих наноразмерных каналов (филаментов) между электрическими контактами мемристора в слое диэлектрика. При уменьшении поперечного сечения филаментов до атомного масштаба образуются одномерные проводящие каналы и регистрируется квантование проводимости мемристорных структур на основе тонких слоёв ZrO_2, SiO_x, ZnO и др. Это, в свою очередь, даёт возможность в реализации устройств ReRAM с множеством устойчивых резистивных состояний. Цель настоящей работы заключалась в исследовании эффектов квантования проводимости мемристорной структуры на основе нанотубулярного диоксида циркония (ZrO_2-nt).

Слой ZrO_2-nt был получен методом анодного окисления металлического циркония [1, 2]. Морфологические параметры выращенных слоёв изучались на растровом электронном микроскопе Carl Zeiss SIGMA VP. Установлено, что слой оксида толщиной 1.7 мкм состоял из самоупорядоченных нанотрубок диаметром 55 нм. Золотые контакты толщиной 50 нм и диаметром 140 мкм на слое ZrO_2-nt создавались на вакуумной установке магнетронного напыления Quorum Technologies Q150T ES через маски [3]. Было получено около 100 отдельных мемристоров со структурой Zr/ZrO_2-nt/Au в едином технологическом цикле.

Вольт-амперные характеристики (ВАХ) изготовленных мемристоров измерялись с помощью модульного управляемого источника питания SMU National Instruments PXIe-4143 и микрозондовой станции Cascade Microtech MPS 150. Zr-подложка заземлялась, а напряжение смещения подавалось на Au-контакты. Измерение ВАХ проводилось в режиме униполярного резистивного переключения при $U \leq 1.5$ В.

Анализ ВАХ мемристоров Zr/ZrO_2-nt/Au показал, что в ходе переключения между резистивными состояниями формируются проводящие филаменты, которые и определяют проводимость активного слоя. Обсуждается вакансионная природа образования указанных каналов. Продемонстрирована перспективность использования структур Zr/ZrO_2-nt/Au в качестве функциональной среды для ячеек мемристорной памяти с множеством резистивных состояний.

1. I.A. Petrenyov, A.S. Vokhmintsev, R.V. Kamalov, I.A. Weinstein, AIP Conf. Proc., 2174, 020242 (2019).
2. I.A. Petrenyov, R.V. Kamalov, A.S. Vokhmintsev, N.A. Martemyanov, I.A. Weinstein, J. Phys. Conf. Ser., 1124, 022004 (2018).
3. A.S. Vokhmintsev, R.V. Kamalov, A.V. Kozhevina, I.A. Petrenyov, N.A. Martemyanov, I.A. Weinstein, Proc. USBEREIT 2018, 348 (2018).

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИСЕЛЕНИДА ГАФНИЯ, ИНТЕРКАЛИРОВАННОГО МЕДЬЮ И СЕРЕБРОМ МЕТОДОМ ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Плещева С.А.[1], Плещев В.Г.[2]

[1)] Физико-технологический институт Уральского федерального университета
[2)] Институт естественных наук и математики Уральского федерального университета
E-mail: sveta_261099@mail.ru

STUDY OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF HAFNIUM DYSLENIDE INTERCALATED BY COPPER AND SILVER BY THE METHOD OF IMPEDANCE SPECTROSCOPY

Pleshcheva S.A.[1], Pleshchev V.G.[2]

[1)] Institute of Physics and Technology of the Ural Federal University
[2)] Institute of Natural Sciences and Mathematics of the Ural Federal University

The processes of charge transfer in an alternating field in intercalated copper and silver-containing compounds with a layered structure and based on hafnium dyslenide are studied. Data on the characteristics of relaxation processes depending on the type and content of copper and silver atoms are

Особенностью кристаллической структуры соединений TX_2 (T - пере-ходный металл, X= S, Se,Te) является наличие трехслойных блоков X–T–X со слабой Ван-дер-Ваальсовой связью между ними. Внедрение различных атомов или других структурных фрагментов в промежуток между блоками может приводить к существенному изменению физических свойств по сравнению с исходными матрицами .

Импеданс интеркалированных соединений Cu_xHfSe_2 и Ag_yHfSe_2 был исследован в зависимости от частоты при комнатной температуре. Импедансные спектры на комплексной плоскости представляют собой дуги окружностей, радиус которых уменьшается при увеличении концентрации интеркаланта. Анализ импедансных данных показывает, что механизмы релаксации отличаются от дебаевской модели для Cu- и Ag-интеркалированных соединений. Было показано, что релаксационные процессы ускоряются при увеличении содержания внедренных атомов. Частотная дисперсия ac-проводимости исследованных материалов может быть описана степенным законом в виде $\sigma_{ac} \propto \omega^n$, соответствующим универсальному динамическому отклику (UDR) . Значение показателя степени n, согласно имеющимся данным, соответствует прыжковому механизму проводимости. Сравнение данных для различных систем показывает, что времена релаксации в Ag_yHfSe_2 существенно меньше, чем в Cu_xHfSe_2 при сравнимых содержаниях интеркаланта, что отражает более высокую подвижность носителей заряда в серебросодержащих соединениях. В то же время близкие значения показателя n для образцов Cu_xHfSe_2 и Ag_yHfSe_2 указывают на одинаковый механизм переноса заряда в этих соединениях.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАДИОНУКЛИДНЫЕ ИСТОЧНИКИ ДЛЯ БЕТА-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ: МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТ

Пономарева Е.А.[1], Кузнецова Т.В.[1, 2], Патраков Е.И.[1], Кузнецов З.Б.[1, 2], Иванов В.Ю.[2], Кузнецов М.В.[3], Якушев М.В.[1, 2, 3]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
[3)] Институт химии твердого тела УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: kat9107@yandex.ru

PROSPECTIVE RADIONUCLIDE SOURCES FOR BETA-TRANSDUCERS: SIMULATION AND EXPERIMENT

Ponomareva E.A.[1], Kuznetsova T.V.[1, 2], Patrakov E.I.[1], Kuznetsov Z.B.[1, 2], Ivanov V.Yu.[2], Kuznetsov M.V.[3], Yakushev M.V.[1, 2, 3]

[1)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[3)] Institute of Solid State Chemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The possibility of using chalcopyrite and kesterite materials in betavoltaics was studied. Radionuclide β-sources were analyzed and ones suitable for β-transducers were selected. Prototypes of betavoltaics were created using SEM and comparative analysis of their parameters was carried out.

Бетавольтаические элементы питания, основанные на преобразовании радиоизотопной энергии в электрическую, считаются перспективными автономными источниками энергоснабжения с длительным сроком службы. Однако, чтобы конкурировать с другими источниками энергии, их эффективность и плотность энерговыделения должны быть достаточно высокими. Этого можно добиться путем выбора оптимального β-источника и полупроводника в качестве поглотителя [1 ,2].

Цель данной работы заключается в исследовании принципиальной возможности использования в качестве поглотителя в бета-преобразователях халькопиритных материалов на основе $Cu(In,Ga)Se_2$ (CIGS) и кестеритов $Cu_2ZnSn(S,Se)_4$ (CZTS). Помимо этого, проводится анализ существующих радионуклидных β-источников и определяются наиболее подходящих среди них. Выбранные полупроводниковые материалы применяются в солнечных элементах и, благодаря своим свойствам, обеспечивают стабильную работу и высокий КПД батарей, при этом обладая высокой радиационной стойкостью.

Для проверки пригодности поглотителей на основе халькопиритных и кестеритных материалов для бета-преобразователей осуществляется выбор источников β-излучения, соответствующих следующим критериям: долгоживущие,

обладающие малыми энергиями β-излучения (ниже 170 кэВ) и низкоэнергетическим фотонным излучением [3].

Одним из распространенных β-источников, используемых как в экспериментальных прототипах батарей, так и на производстве, является тритий Т-3 ($T_{1/2}$ = 12,3 года; E_β = 18,6 кэВ) в виде твердого соединения тритида титана (TiT_2) или жидкости – тритиевой воды (T_2O). Характеристики данного радионуклида соответствуют требованиям к источникам для бета-преобразователей, поэтому существует практический интерес к использованию его в экспериментах с исследуемыми поглотителями. Изотоп Ni-63 ($T_{1/2}$ = 100,1 лет; E_β = 65,9 кэВ) является чистым β-излучателем и соответствует требованиям для источников, используемых в бетавольтаике, но большой период полураспада возможно не обеспечит стабильную плотность энерговыделения. Кроме того, высокая стоимость и сложность наработки данного радионуклида делают его применение в производстве затруднительным [4].

На заключительном этапе работы проводится создание прототипа бета-преобразователя с разными поглощающими слоями: $Cu(In,Ga)Se_2$ и $Cu_2ZnSnSe_4$, соответственно. В качестве источника излучения в эксперименте выступает сканирующий электронный микроскоп (СЭМ). С помощью данной модели удалось получить вольтамперные характеристики (ВАХ) при энергиях возбуждающих электронов 25 и 30 кэВ.

Проведено сравнение и анализ параметров прототипов бетавольтаических элементов на базе $Cu(In,Ga)Se_2$ и $Cu_2ZnSnSe_4$ при возбуждении электронным пучком. В перспективе использование в моделях бета-преобразователей выбранных радионуклидных β-источников, а именно, Т-3 и Ni-63 с учетом длин свободного пробега β-частиц в каждом из исследуемых поглотителей.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ 17-12-01500

1. Sachenko A.V. et al., Solid-State Electronics, 111, 147, (2015).
2. Yakimov E.B., Applied Radiation and Isotopes, 112, 98, (2016).
3. Нагорнов Ю.С., Современные аспекты применения бетавольтаического эффекта, Ульяновск: УлГПУ, (2012).
4. Машкович В.П., Кудрявцева А.В., Защита от ионизирующих излучений. Справочник., Энергоатомиздат, (1995).

ЗАВИСИМОСТЬ КОМПЛЕКСНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ И КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ОТ ЧАСТОТЫ ДЛЯ КОМПОЗИТА С НАНОЧАСТИЦАМИ ЗОЛОТА

Потапова И.И.[1], Яцышен В.В.[1]

[1)] Волгоградский Государственный Университет, Волгоград, Россия
E-mail: ipotapova28@mail.ru

DEPENDENCE OF COMPLEX DIELECTRIC PERMEABILITY AND COMPLEX REFRACTION INDEX FROM FREQUENCY FOR COMPOSITE WITH GOLD NANOPARTICLES

Potapova I.I.[1], Yatsishen V.V.[1]
[1)] Volgograd State University, Volgograd, Russia

The aim of this work is to calculate the dependences of the complex dielectric permeability and complex refractive index on frequency for a composite material with metal nanoparticles. A dielectric matrix with randomly distributed gold nanoparticles in it was chosen as a nanocomposite

Металл-диэлектрические структуры, в которых возможно возбуждение поверхностных плазмонов (ПП) вызываю значительный интерес в настоящее время. В этих стуктурах концентрация энергии ЭМП высока вблизи метеллической границы [1]. На базе таких структур возможно создать оптические устройства и сенсоры, которые будут обладать высокой чувствительностью и компактными размерами [2]. Это имеет большое практическое значение для разработок во многих областях. Например, таких как нелинейная оптика, оптическая спектроскопия, микроскопия высокого разрешения и других [3].

Дисперсионное уравнение для поверхностного поляритона на границе нанокомпозит-воздух в случае s-поляризации будет иметь вид:

$$ks=k0ns \quad (1)$$

$$k0= \omega/c0 \quad (2)$$

Показатель преломления нанокомпозита в случае s-поляризации.

$$n_s=\sqrt{((\varepsilon_{mix}(\omega)\,\varepsilon_0)/(\varepsilon_{mix}(\omega)+\varepsilon_0))} \quad (3)$$

ε_1-диэлектрическая проницаемость воздуха ($\varepsilon_1=1$)

В случае композитного материала диэлектрическая проницаемость нанокомпозита будем вычислять с помощью модели Максвелла-Гарнета

$$(\varepsilon_{mix}-\varepsilon_d)/(\varepsilon_{mix}+2\varepsilon_d)=f\,(\varepsilon(\omega)-\varepsilon_d)/(\varepsilon(\omega)+2\varepsilon_d) \quad (4)$$

Здесь f - относительный объем наночастиц в композите, ε_d - диэлектрическая проницаемость матрицы композита $\varepsilon(\omega)$ – диэлектрическая проницаемость наночастиц. Для расчета использованы следующие значения параметров $f=0.2$, $\varepsilon_d=2.56$.

В дальнейших расчетах используются результаты работы [4], в которой освещаются результаты измерений комплексной диэлектрической проницаемости металлических пленок различной толщины.

На рисунке 1(а) показаны графики действительных и мнимых частей диэлектрической проницаемости нанокомпозита в зависимости от длины волны в нанометрах. Отрицательные значения действительной части диэлектрической проницаемости отвечают области возбуждения поверхностных плазмонов на границе нанокомпозита.

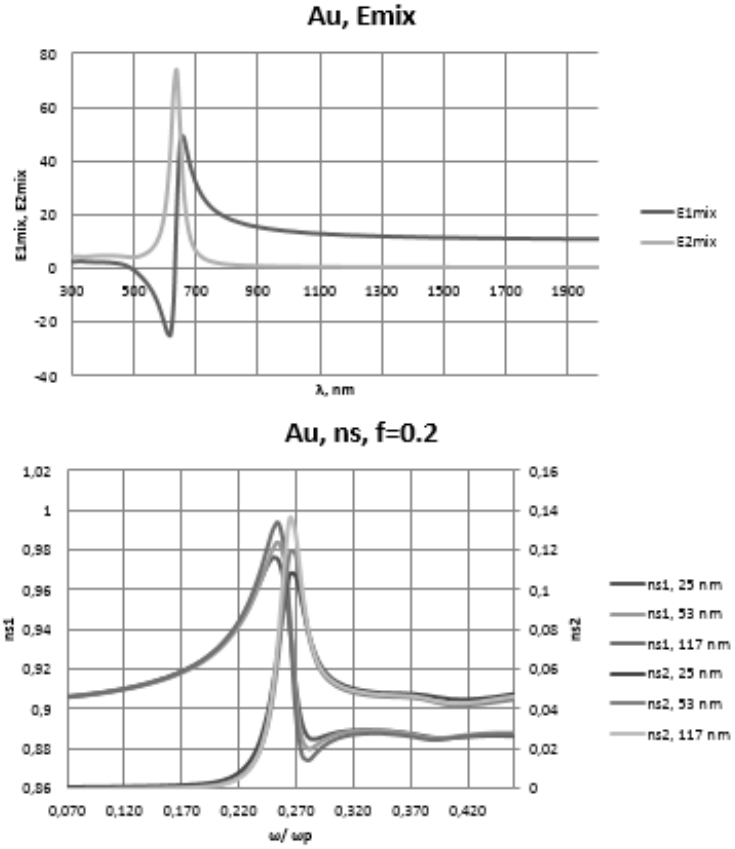


Рис. 1. а) Графики действительных и мнимых частей диэлектрической проницаемости нанокомпозита в зависимости от длины волны. б) Графики зависимостей n_{s1} и n_{s2} действительной и мнимой частей комплексного показателя преломления нанокомпозита n от нормированной частоты ω/ω_p в случае s-поляризации

На рисунке 1(б) представлены зависимости n_{s1} и n_{s2} действительной и мнимой частей комплексного показателя преломления нанокомпозита n от нормированной частоты ω/ω_p в случае s-поляризации для пленок толщинами 25 нм, 53 нм, 117 нм, при ε_d=2,56 и f=0,2.

Кривые графика комплексной диэлектрической проницаемости, как видно, имеют резонансный характер (вид кривых аналогичен случаю ионного материала). Функция ε_mix (ω) в интервале $[\omega_{10}, \omega_{20}]$ отрицательна. Следовательно, нанокомпозит подобен металлу в этой области. Это означает, что можно ожидать ФЗЗ в данном промежутке частот. В области частот $\omega_{10} > \omega > \omega_{20}$ вдоль границы

раздела возможно распространение поверхностных волн — поверхностных поляритонов. Варьирование материалами структуры, размером и концентрацией наночастиц открывает широкие возможности для изменения показателя преломления нанокомпозитных сред и практического их применения.

1. Бабичева В.Е. Поверхностные плазмон-поляритоны в периодических наноструктурах: автореф. дис. на соиск. учен. степ. конд. физ.-мат. Наук (01.04.02)/ Бабичева Виктория Евгеньевна; Московский физико-технический институт (государственный университет). – Долгопрудный, 2012.
2. Горелик В.С., Филатов В.В. Унитарные поляритоны в однородных средах и фотонных кристаллах // Инженерный журнал: наука и инновации, 2013. – вып. 8.
3. Агранович В.М. Кристаллооптика поверхностных поляритонов и свойства поверхности / Агранович В.М. // Успехи физических наук / 1975. – февраль. - том 115. – выпуск – 2.
4. D. I. Yakubovsky, A.V. Arsenin, Y.V. Stebunov, D. YU. Fedyanin, V.S. Volkov. Optical constants and structural properties of thin gold films. OPTICSEXPRESS, 2017. Vol. 25, No. 21 P. 25574- 25587.

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА И МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ КВАЗИБИНАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ $Nd(Co_{1-x}Fe_x)_2$, x = 0.04, 0.16

Аникин М.С.[1], Тарасов Е.Н.[1], Потапов Е.В.[1], Рагозина М.В.[1], Зинин А.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: maskim.anikin@urfu.ru

MAGNETIC PROPERTIES AND MAGNETOCALORIC EFFECT OF $Nd(Co_{1-x}Fe_x)_2$, x = 0.04, 0.16 QUASIBINARY COMPOUNDS

Anikin M.S.[1], Tarasov E.N.[1], Potapov E.V.[1], Ragozina M.V.[1], Zinin A.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this paper, presents the results of a study of the temperature and field dependences of specific magnetization, magnetic hysteresis, the high field susceptibility (χpara) and dependences of ΔSm(T) and ΔTad(T) of $Nd(Co_{1-x}Fe_x)_2$ compounds at 2 – 320 K and in magnetic fields up to 9 T.

В работе [1], было установлено, что в квазибинарных соединений $R(Co_{1-x}Fe_x)_2$ с тяжелыми редкоземельными элементами (R) частичное замещение Co на Fe приводит к возникновению платоподобных температурных зависимостей изменения магнитной части энтропии (ΔSm) и адиабатического изменения температуры (ΔTad) ниже температур Кюри (TC) [1]. В соединениях типа RT2 с тяжелыми редкоземельными элементами магнитные моменты R-подрешетки и

3d-подрешетки упорядочены ферримагнитно, а в соединениях с легкими R – ферромагнитно [2]. Поэтому, в соединениях с легким R следует ожидать отличия в температурных зависимостях магнитных и магнитотепловых свойств. В данной работе представлены результаты исследования магнитных свойств и магнитокалорического эффекта соединений с легким редкоземельным металлом неодимом $Nd(Co_{1-x}Fe_x)_2$ (x = 0.04, 0.16).

В работе представлены результаты исследования температурных и полевых зависимостей удельной намагниченности, магнитного гистерезиса и температурных зависимостей ΔTad соединений $Nd(Co_{1-x}Fe_x)_2$, при температурах от 2 до 320 К и в магнитных полях до 9 Тл. Определены температурные и полевые зависимости ΔSm и высокополевой восприимчивости (χpara) исследованных соединений.

По результатам исследования магнитных и магнитотепловых свойств соединений $Nd(Co_{1-x}Fe_x)_2$, установлено следующее:

1. Температуры Кюри образцов составили 135 и 223 К, соответственно для с x = 0.04 и 0.16. Выше температуры Кюри образцы кристаллизуются в кубическую структуру с пространственной группой Fd-3m.

2. При температурах 42.5 К и 47.5 К, соответственно для с x = 0.04 и 0.16, с увеличением температуры происходит переориентация оси легкого намагничивания (ОЛН) от [011] к [001]. Одновременным с переориентацией ОЛН происходит изменением кристаллической решетки из орторомбической в тетрагональную структуру [3], в результате чего данный переход является магнитоструктурным переходом первого рода.

3. Подтверждением существования фазового перехода первого рода является разрыв на температурных зависимостях намагниченности M(T).

4. Наблюдаемый узкий и высокий пик на температурных зависимостях изменения магнитной части энтропии ΔSm(T) при спин-переориентационном переходе (СП), является типичным для образцов с фазовым переходом первого рода. При Δμ0H = 2 Тл, для образца с x = 0.04, ширина максимума на половине высоты пика (ΔTFWHM) составила 5.5 К при СП и 40 К при ТС. Для образца с x = 0.16 ΔTFWHM = 8 К при СП и 75 К при ТС. Максимальный значения ΔSm при СП и при ТС практически одинаковые и равны 2 и 1.3 Дж/кгК.

5. Максимальные значения адиабатического изменения температуры (ΔTad) при Δμ0H = 1.75 Тл измеренные прямым способом составили 0.8 К для обоих образцов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантом Российского научного фонда (проект № 19-72-00038).

1. Anikin M., Tarasov E. et al., J. Magn. Magn. Mater. 418, 181 (2016).
2. Taylor K.N.R., Adv. Phys., 20, 551 (1971).
3. Ouyang Z.W., Wang F.W. et al., Phys. Rev. B: Condens. Matter, 71, 064405 (2005).

СТРУКТУРНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В VSe_2: ФОНОННЫЕ ДИСПЕРСИИ

Пушкарев Г.В.[1], Мазуренко В.Г.[1], Мазуренко В.В.[1], Бухвалов Д.В.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет
[2)] Нанкинский лесотехнический университет
E-mail: puskarev.g.v@gmail.com

STRUCTURAL PHASE TRANSITIONS IN VSe_2: PHONON DISPERSIONS

Pushkarev G.V. [1], Mazurenko V.G.[1], Mazurenko V.V.[1], Boukhvalov D.V.[1, 2]

[1)] Ural Federal University
[2)] Nanjing Forestry University

Calculations of phonon dispersions for H and T stuctures of VSe_2 monolayer and bulk were performed by using VASP and Phonopy packages. In H phases we observe that magnetism provides structural stability but in T phases dispersions demonstrate weak sensitivity to the magnetism.

Phonon dispersion gives information about physical properties and stability of VSe_2 monolayer and bulk. We have performed calculations of phonon dispersions by using VASP and Phonopy packages [1, 2]. This combination of the packages is widely used for studying of vibrational properties in similar systems. For such calculations we used 3x3x1 supercell to obtain sets of forces and mesh grids: 10x10x1 for monolayer and 6x6x6 for bulk. Both H and T phases in nonmagnetic and ferromagnetic configurations were considered.

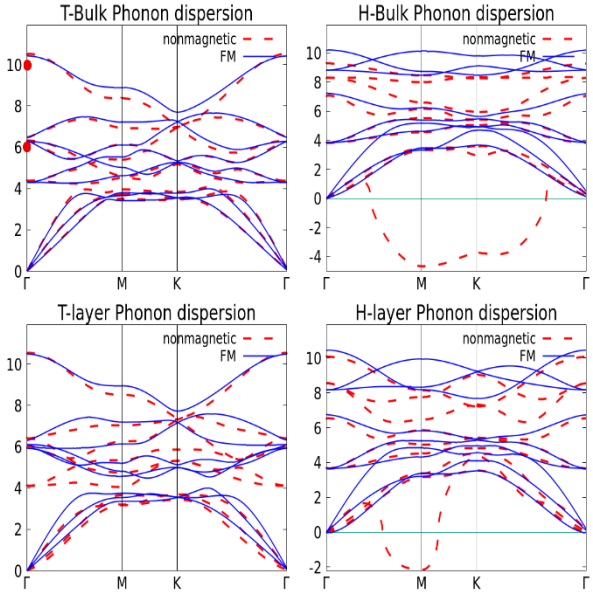


Fig. 1. Phonon dispersions calculated for nonmagnetic (red dashed line)and ferromagnetic state (blue solid line) of monolayer and bulk VSe_2.Both T and H phase structures are presented. Red dots denote experimental frequencies [3].

The calculated phonon spectra are presented in Figure 1. For the T phase systems (bulk and monolayer) the resulting dispersions demonstrate a weak sensitivity to the magnetism. It is not the case for the H phase configurations. In the nonmagnetic state for H-monolayer and H-bulk we observe a soft phonon mode in the direction Γ-M-K for monolayer and in all symmetry directions for bulk. Existence of such a mode indicates structural instability. Importantly, in the ferromagnetic case the soft mode disappears, which means that the account of magnetism provides structural stability of H phase in both monolayer and bulk. The cause of this effect of magnetic configurations is the robustness of

magnetic interactions which is the same order of magnitude as difference between structural phase. For H-bulk and T-monolayer ferromagnetic systems the calculations reveal the appearance of the indirect gap of ~0.57 THz. Comparison of the calculated dispersion curves with available experimental data [3] obtained by a point-contact spectroscopy and Raman methods can be fulfilled only for the Γ point for which experimental oscillation frequencies are ~6.04 (25 meV) and ~9.67 (40 meV) THz. Our theoretical values of 6.28 and 10.42 THz are in good agreement with experimental data.

1. G. Kresse and J. Furthmüller, Phys. Rev. B, 1996,54, 11169–11186.
2. A. Togo and I. Tanaka, Scr. Mater., 2015,108, 1–5
3. G. V. Kamarchuk, A. V. Khotkevich, V. M. Bagatsky, V. G.Ivanov, P. Molinié, A. Leblanc and E. Faulques, Phys. Rev. B,2001,63, 073107.
4. G. V. Pushkarev, V. G. Mazurenko, V. V. Mazurenko and D. W. Boukhvalov, Phys. Chem. Chem. Phys., 2019,21, 22647-22653

HYSTERESIS PROPERTIES OF FeMn/FM (FM = Fe, Ni, FeNi, Co) AND FeNi/TbCo FILMS WITH EXCHANGE BIAS

Pushkarev I.A.[1], Kulesh N.A.[1], Vas'kovskiy V.O.[1], Gorkovenko A.N.[1], Moskalev M.E.[1], Lepalovskij V.N.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute for Metal Physics, Ural Division of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia
E-mail: ilya.empire@gmail.com

Multilayer films FM/FeMn and FeNi/TbCo have been prepared and their structure has been estimated. Their hysteretic properties were analyzed by vibrating sample magnetometry and Kerr microscopy. Stoner–Wohlfarth model and micromagnetic simulation was used to reproduce experimental results.

The exchange bias (EB) effect, discovered more than fifty years ago, is a fundamental interfacial property, which occurs between ferromagnetic (FM) and antiferromagnetic (AFM) materials, which has immense technical importance for magnetoelectronic device applications because of its accompanying effects, such as asymmetry

of the hysteresis loops, training effect, enhanced coercivity etc. This work is dedicated on studying various effects appearing in FM/FeMn and FeNi/TbCo bilayers using simple analytical models and micromagnetic simulation.

Ta(5nm)/FeNi(5nm)/FeMn(20nm)/FM(40nm)/Ta(5nm) and Ta(5nm)/Py(10nm)/TbCo(20nm)/FeNi (40nm)/Ta(5nm) samples were deposited by magnetron sputtering on glass substrates in presence of external magnetic field oriented parallel to the substrate surface. The structural state of films was studied by X-ray diffraction analysis. Magnetic properties were measured by applying in-plane magnetic field at different angles using vibrating sample magnetometry, which allows to obtain absolute values of magnetization and magnetooptical Kerr microscope, which allows to obtain magnetooptical hysteresis loops and images of magnetic domain structure from both sides of the sample. Modified Stoner–Wohlfarth (SW) model was applied to interpret the obtained results. For a more detailed analysis MuMax3 micromagnetic software was used.

The SW model [1] was used to reproduce angular dependencies of hysteresis properties and additional effects such as hysteresis loops shift, it's asymmetric shape and a presence of combined onefold and manyfold anisotropies. However, this model can be successfully used only if we can ignore magnetic domain structure of samples. To get more complex analysis of experimental results we used micromagnetic simulation with more detailed models like the Mauri model [2] [3]. We were able to get much more realistic vision on the EB effects and reproduce magnetic domain structure similar to the experimentally observed one. In conclusion, micromagnetic simulation taking into account polycrystalline structure of FM/FeMn samples or exchange spring magnetic structure in FeNi/TbCo samples allowed us to simulate accurately the magnetization reversal in real samples.

This work was supported by the Russian Science Foundation (project No 19-72-00141).

1. J. Camarero et al. Phys. Rev. Lett. 95 (2005), 057204
2. R. L. Stamps et al. Physical Review B 71(9) (2005), 094405
3. J. De Clercq et al. J Phys. D: Appl. Phys. 49 (2016), 435001

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ САПФИРА, ОБЛУЧЕННЫХ ИМПУЛЬСНЫМ ИОННЫМ ПУЧКОМ Fe^{10+}

Рамазанова Г.Р.[1], Ананченко Д.В.[1], Никифоров С.В.[1], Карипбаев Ж. Т.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан
E-mail: Ramazanova_Guzalliia@mail.ru

LUMINESCENT PROPERTIES OF SAPPHIRE SINGLE CRYSTALS IRRADIATED WITH FE10+ ION BEAM

Ramazanova G.R.[1], Ananchenko D.V. [1], Nikiforov S.V.[1], Karipbaev Zh.T.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] L.N.Gumilyev Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

The F-type defects creation in sapphire single crystals irradiated with a pulsed ion beam Fe^{10+} (200 keV) was observed from the spectra of optical absorption. TL of irradiated crystals has a complex shape and consists of five components with a maximum of 180 oC, 210 oC, 245 oC, 300 oC и 370 oC.

Монокристалл α-Al_2O_3 благодаря повышенной радиационной стойкости используется в качестве подложки интегральных микросхем, используемых на АЭС и в космосе [1]. Воздействие мощного корпускулярного излучения может приводить к образованию радиационно-индуцированных дефектов в сапфире, которые влияют на его функциональные свойства. Одним из таких типов излучений является импульсное ионное облучение, широко применяемое для модификации свойств оптических материалов [2]. Целью данной работы является изучение влияния импульсного облучения пучком ионов Fe10+ на люминесцентные свойства монокристаллов сапфира.

В данной работе были исследованы высокочистые (содержание Ti и Cr не превышало 0.5 ppm) прозрачные пластины сапфира, подвергнутые импульсному ионному облучению пучком Fe^{10+} (200 кэВ) на ускорительном комплексе DC-60. С использованием программы SRIM (TRIM) был рассчитан пробег ионов Fe^{10+} сапфире: R=690 Å. Поглощенные кристаллом дозы составляли: $1.2\cdot10^6$ Гр, $12\cdot10^6$ Гр и много больше $12\cdot10^6$ Гр. Спектры оптической поглощения (ОП) регистрировались с использованием двухлучевого спектрофотометра Lambda 35 в спектральном диапазоне 190-900 нм. Измерения термолюминесценции (ТЛ) производились в режиме линейного нагрева со скоростью 2oC/c, ТЛ регистрировалась в двух диапазонах длин волн: 290 - 365 нм (ФЭУ-142) и 290 - 650 нм (ФЭУ-130).

В спектрах ОП наблюдается увеличение оптической плотности в полосах F (6.0 эВ) и F^+-центров (6.3, 5.4 и 4.8 эВ) с ростом поглощенной дозы. Облучение импульсным ионным пучком приводит также к возникновению ТЛ сложной

формы. Полученные кривые были разложены на компоненты с использованием уравнения кинетики общего порядка [3]. Согласно полученным результатам, кривые ТЛ (Рис. 1), измеренные в спектральном диапазоне 290 – 365 нм, содержат пять компонент с максимумами при 180, 210, 245, 300 и 370 °С. Погрешность аппроксимации оценивали по значению FOM-фактора, который принимал значение 4.5 %, что указывает на корректность полученных результатов.

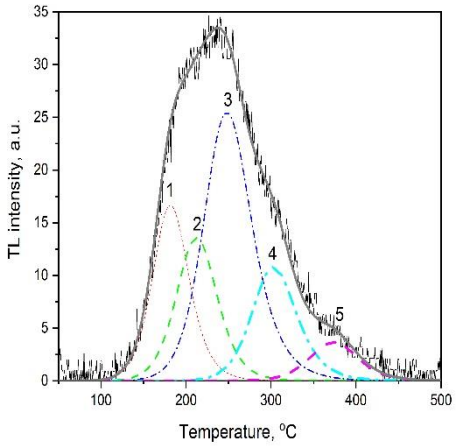


Рис.1 Разложение ТЛ сапфира, облученного импульсным ионным пучком Fe^{10+} $1.2 \cdot 10^6$ Гр, на компоненты

Для каждой компоненты ТЛ был получен набор кинетических параметров: порядок кинетики, энергетическая глубина ловушки и частотный фактор. В работе обсуждается изменение кинетических параметров ТЛ с ростом поглощенной дозы. Приводится интерпретация и анализ полученных результатов с учетом известных данных для термохимически окрашенных анион-дефектных монокристаллов оксида алюминия [4] и стехиометрического сапфира, подвергнутого непрерывному ионному облучению.

1. Dobrovinskaya E. R., Lytvynov L. A., Pishchik V. Sapphire: material, manufacturing, applications, Springer Science and Business Media (2009).
2. Rizza G., Ridgway M. C., Ion Beam Modification of Solids. Ion-Solid Interaction and Radiation Damage, Springer, (2016).
3. McKeever S.W.S., Thermoluminescence of Solids. Cambridge University Press (1985).
4. Nikiforov S. V. et al., Technical Physics, 59, 245-249 (2014)

КОНКУРИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ НА ОБОБЩЕННУЮ ПРОВОДИМОСТЬ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Романовская Н.Д.[1], Берестова С.А.[1], Романовская Е.М.[1]

[1)] ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», Екатеринбург
E-mail: ndromanovskaya@yandex.ru

COMPETING INFLUENCE OF DISPERSED PARTICLES ON THE GENERALIZED CONDUCTIVITY OF COMPOSITE MATERIALS

Romanovskaya N.D.[1], Berestova S.A.[1], Romanovskaya E.M.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

Using the generalized self-consistent field method, the competing effect of structural components on the effective characteristics for problems in terms of generalized conductivity (on the example of heat conductivity) is considered.

С использованием обобщенного метода самосогласованного поля рассматривается задача о конкурирующем влияние структурных составляющих на эффективные характеристики для задач в терминах обобщенной проводимости [1] (на примере теплопроводности).

Для этого в работе предварительно решается задача об установлении эффективных характеристик рассматриваемой системы с использованием обобщенного метода самосогласованного поля. Для нахождения эффективных характеристик рассматриваемой системы вводится тело сравнения, представляющее сбой гомогенную среду. Каждая фазовая составляющая рассматривается отдельно в бесконечной матрице, обладающей свойствами тела сравнения. При этом поле в одиночном включении тождественно среднему полю по объему, занятому данной фазой в гетерогенном материале. Кроме этого, используя закон Фурье, связывающий средние значения макроскопических полей через эффективный коэффициент теплопроводности и условие аддитивности для среднего значения теплового потока в композитном материале. Выражения для эффективных характеристик, содержат варьируемый параметр, позволяющий рассматривать системы с различной топологией.

Конкурирующее влияние дисперсных частиц на обобщенную проводимость трехфазного композитного материала.

Пусть сферические включения помещаются в матрицу, свойства которой характеризуются коэффициентом теплопроводности. При этом, компоненты обладают свойствами более высокими и более низкими по отношению к свойствам матрицы и характеризуются коэффициентами, соответственно. Определим, в каком соотношении должны быть помещены в материал фазовые составляющие, чтобы свойства матрицы при этом не изменились, т.е. при каком условии

конкурирующее влияние будет скомпенсировано. Компенсирующее влияние частиц будет обеспечено, если их объемные концентрации находятся в отношении, изображенном на рис. 1.

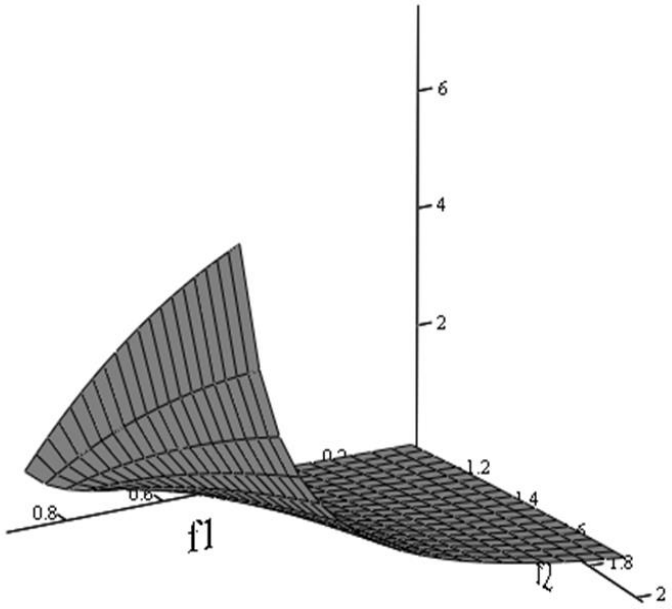


Рис. 1. Компенсационное отношение для трехфазного композитного материала

Видно, что дисперсные фазовые составляющие оказывают влияние на макроскопические свойства и начинают конкурировать между собой. При добавлении частиц в определенном отношении можно добиться, что влияние дисперсных частиц будет скомпенсировано, и макроскопические свойства трехфазного композита будут совпадать со свойствами матрицы.

В частности, следует, что если компенсирование осуществляется не проводящими тепло включениями и идеально проводящими включениями, то относительное объемное содержание последних должно быть в два раза меньше, чем не проводящих.

1. Митюшов Е.А. Обобщенные проводимость и упругость макронеоднородных гетерогенных материалов / Е.А. Митюшов, П.В. Гельд , Р.А. Адамеску. –М.: Металлургия, 1992.-144 с.

ВЛИЯНИЕ ПРОСЛОЙКИ Ti НА МЕЖСЛОЙНУЮ ОБМЕННУЮ СВЯЗЬ В ПЛЁНОЧНЫХ СТРУКТУРАХ (Dy-Co)/(Fe-Ni)

Аданакова О.А.[1], Кудюков Е.В.[1], Русалина А.С.[1],
Балымов К. Г.[1], Васьковский В.О.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: e.v.kudyukov@urfu.ru

INFLUENCE OF TI SPACER ON THE INTERLAYER EXCHANGE COUPLING IN (Dy-Co)/(Fe-Ni) FILM STRUCTURES

Adanakova O.A.[1], Kudyukov E.V.[1], Rusalina A.S.[1],
Balymov K.G.[1], Vas'kovskiy V.O.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics UB RAS, Ekaterinburg, Russia

The influence of the Ti spacer on the exchange bias in (Dy-Co)/(Fe-Ni) multilayers was investigated. It is shown that a change in the thickness of the spacer can lead not only to a change in the value of the exchange bias, but also to a change in the magnetization reversal of the interacting layers.

Слоистое структурирование является одним из эффективных приемов целенаправленной модификации функциональных свойств планарных магнитных сред, ориентированных на применение в магнитомикроэлектронике и спинтронике [1]. Оно, в частности, направлено на регулирование обменного взаимодействия разнородных магнитных слоев, которое задает определенную специфику перемагничивания многослойных пленок, в том числе наличие и величину так называемого обменного смещения. Данная работа посвящена изучению закономерностей формирования межслойного взаимодействия в слоистых пленочных структурах (Dy-Co)/Ti/(Fe-Ni), где Dy-Co – аморфизированный ферримагнитный слой, Fe-Ni – поликристаллический ферромагнитный слой, Ti – парамагнитная прослойка варьируемой толщины.

Многослойные пленки были получены на стеклянных подложках методом высокочастотного ионно-плазменного распыления однородных (Fe-Ni, Ti) и мозаичной (Dy-Co) мишеней в присутствии внешнего магнитного поля напряженностью 170 Э. Номинальные толщины слоев Dy-Co и Fe-Ni составляли 110 и 50 нм соответственно. Толщина прослойки титана варьировалась в пределах L = 0–1,1 нм. Содержание железа в ферромагнитных слоях соответствовало 10 ат.%. Концентрация диспрозия в ферримагнитных слоях составляла 26–30 ат.%. Элементный состав контролировался методом рентгенофлуоресцентного анализа на спектрометре Nanohunter. Для анализа магнитных свойств были использованы

измерения петель гистерезиса, выполненные на вибрационном магнитометре LakeShore 7407 VSM.

На рисунке 1 приведены полные петли гистерезиса, демонстрирующие особенности перемагничивания отдельных слоев в пленочных структурах с прослойками разной толщины при комнатной температуре. Так для образцов с парамагнитной прослойкой от 0 до 0,7 нм было обнаружено, что при изменении внешнего магнитного поля от 5 до -5 кЭ перемагничивание слоя Dy-Co происходит трижды (рис. 1а), в то время как в пленках с L = 0,8–1,1 нм одной ветви петли гистерезиса соответствует одно перемагничивание ферримагнитного слоя (рис. 1б). Это может быть объяснено тем, что в первом случае имеет место сильная межслойная обменная связь, приводящая к тому, что намагниченность слоя Dy-Co переориентируется также в магнитных полях относительно небольшой напряженности вследствие перемагничивания слоя Fe-Ni. Наличие подобного высокоэффективного межслойного взаимодействия в обозначенных образцах может говорить не только о слабом влиянии тонкой прослойки, но и о низкой величине намагниченности слоя Dy-Co, химический состав которого близок к составу магнитной компенсации при комнатной температуре.

На основе частных петель гистерезиса для ферромагнитного слоя были определены значения коэрцитивной силы и поля обменного смещения, характеризующего эффективность межслойной связи. Зависимости данных величин от толщины титановой прослойки показаны на рисунке 1в. Видно, что обе зависимости являются немонотонными. В работе проанализированы возможные причины обозначенных особенностей.

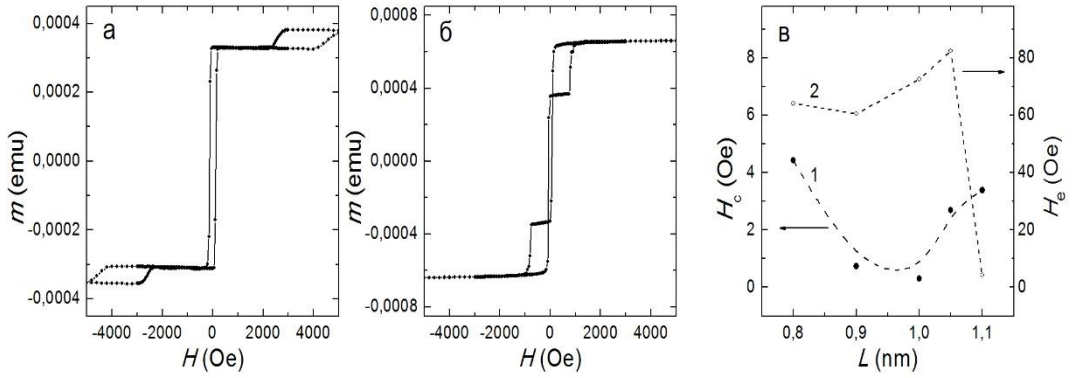


Рис. 1. Петли гистерезиса многослойных пленок: без прослойки (а), с прослойкой Ti толщиной 0,8 нм (б). Зависимость коэрцитивной силы (кривая 1) и поля обменного смещения (кривая 2) слоя Fe-Ni от толщины прослойки Ti (в).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 18-72-10044.

1. Nogues J., Sort J., Langlais et al., Phys. Rep., 422, 65 (2005).

ПРОВОДНИК С ПРОСТРАНСТВЕННО-ПЕРЕМЕННЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ В СИЛЬНОМ ИМПУЛЬСНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Русских П.А.[1, 2], Болтачев Г.Ш.[1], Паранин С.Н.[1]

[1)] Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: russkikh_p@inbox.ru

A CONDUCTOR WITH SPACE-VARIABLE RESISTIVITY UNDER HIGH PULSED MAGNETIC FIELD

Russkikh P.A. [1, 2], Boltachev G.S.[1], Paranin S.N.[1]
[1)] Institute of Electrophysics UB of RAS, Ekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

A model of magnetic field diffusion in a material with more resistive coating was suggested. The coating appreciably decreases heating due to movement of maximum of current density inward the material. The two-layer structure is preferable for using in devices of high magnetic field generation.

Одна из проблем магнитно-импульсной обработки – это низкий ресурс индуктора при генерации сильных, на уровне 50 Тл, магнитных полей (СМП) вследствие возникновения вблизи рабочей поверхности больших термомеханических напряжений. В [1] показано, что в материале с сопротивлением, убывающим вглубь по экспоненциальному закону, плотность объёмной энергии уменьшается в 5 раз за счёт перехода тока на большую глубину и распределения тепла в большем объёме.

В данной работе процесс диффузии СМП исследуется в плоской геометрии. Для материала с постоянным удельным сопротивлением получено обобщение закона Брайанта [2]. Материал с покрытием, имеющим более высокое электросопротивление, к тому же нелинейно зависящее от температуры, исследован численно.

На рис. 1 показано характерное распределение по глубине плотности тока и температуры в момент первого максимума внешнего магнитного поля (рисунок-вставка) для материала без покрытия и с покрытием толщиной 1 мм. В материале без покрытия наблюдается сильный, до 400 °C, нагрев поверхности сконцентрированным вблизи неё током. Также из-за роста сопротивления при нагреве происходит смещение максимума плотности тока вглубь материала. Данный эффект отмечался ранее (напр., в [2]). В материале с менее электропроводящим покрытием (в данном случае, в 4 раза) амплитуда нагрева заметно уменьшается за счёт большего смещения максимума плотности тока вглубь материала.

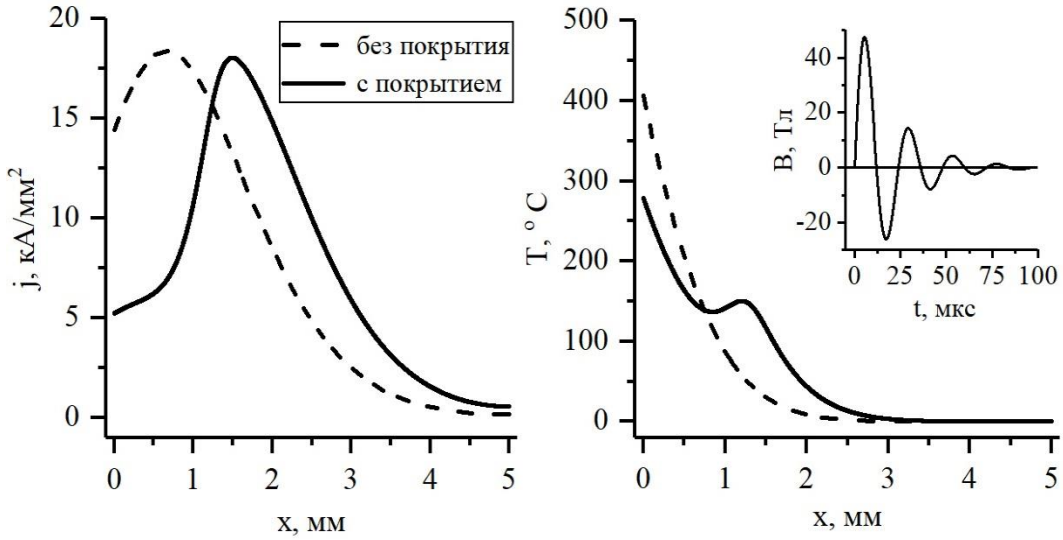


Рис. 1. Характерные распределения по глубине плотности тока j(x) и температуры T(x) в процессе диффузии магнитного поля в материал без покрытия и с покрытием в момент первого максимума поля. На вставке B(t). Параметры расчёта: материал – сталь 30ХГСА, толщина покрытия 1 мм, начальное сопротивление покрытия

Работа выполнена при частичной поддержке проектов РФФИ № 19-08-00931, УрО РАН № 18-2-2-8 (Паранин С.Н.) и РНФ № 20-19-00364 (Болтачев Г.Ш.).

1. Шнеерсон Г.А., Поля и переходные процессы в аппаратуре сверхсильных токов. Ленинград: Энергоиздат (1981).
2. Кнопфель Г. Е., Сверхсильные импульсные магнитные поля. М: Мир (1972).

ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ УФ ОБЛУЧЕННЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК InP/ZnS

Савченко С. С.[1], Вохминцев А. С.[1], Вайнштейн И. А.[1, 2]

[1)] НОЦ НАНОТЕХ, УрФУ, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: s.s.savchenko@urfu.ru

THERMALLY STIMULATED LUMINESCENCE OF UV IRRADIATED InP/ZnS QUANTUM DOTS

Savchenko S.S.[1], Vokhmintsev A.S.[1], Weinstein I.A.[1, 2]

[1)] NANOTECH Centre, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Thermally stimulated luminescence (TSL) has been observed for the first time in ensembles of InP/ZnS nanocrystals after UV irradiation. Analysis of glow processes using different techniques has been fulfilled. Effects of activation energy distribution on TSL kinetics in quantum dots is discussed.

Повышение эффективности является одной из приоритетных задач при разработке функциональных материалов для преобразователей и излучателей видимого спектрального диапазона. Коллоидные квантовые точки (КТ) ядро/оболочка InP/ZnS демонстрируют набор необходимых характеристик для создания таких оптических элементов. При этом квантовый выход люминесценции сильно варьируется для различных методик синтеза, что делает актуальным исследование энергетических состояний, ассоциированных со структурными дефектами в этих квази-нульмерных объектах. Одним из методов получения информации о фундаментальных параметрах указанных локальных уровней является термостимулированная люминесценция (ТСЛ).

В настоящей работе изучен ТСЛ отклик в температурном диапазоне 6.5-296 K для двух ансамблей квантовых точек со средним диаметром частиц 4.2 (КТ-1) и 4.6 (КТ-2) нм и квантовым выходом фотолюминесценции (ФЛ) 27 и 10 % соответственно. Нанокристаллы характеризовались трехслойной структурой: ядро InP, оболочка ZnS и покрытие из модифицированной полиакриловой кислоты. Температура T образцов регулировалась с помощью гелиевого криостата Janis CCS-100/204N, оснащенного контроллером LakeShore Model 335. Для заполнения ловушек образцы облучались через фильтр УФС-1 дейтериевой лампой ЛД (Д) при T=6.5 K. Затем осуществлялся линейный нагрев образцов со скоростью 10 K/мин. Люминесцентный сигнал записывался посредством спектрографа Shamrock SR-303i-B и ПЗС-матрицы NewtonEM DU970P-BV-602 производства Andor. Детектор экспонировался каждые 30 с, что соответствовало изменению T нанокристаллов на 0.5 K.

Впервые показано, что каждый ансамбль демонстрирует ТСЛ отклик в виде полосы с единственными температурным (140 K) и спектральным (1.96 и 1.80 эВ для КТ-1 и КТ-2, соответственно) максимумом. На основе анализа данных фото- и термостимулированной люминесценции можно заключить, что рекомбинационные процессы, которые формируют наблюдаемые спектры ТСЛ, связаны с дефектными состояниями. Выполнена оценка кинетических параметров для исследуемых ТСЛ процессов с использованием метода начального роста, анализа формы пика, а также в рамках формальной кинетики общего порядка с учетом распределения ответственных центров захвата по энергии активации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00664.

1. Savchenko S.S., Weinstein I.A., Nanomaterials, 9, 716 (2019)
2. Savchenko S.S., Vokhmintsev A.S., Weinstein I.A., Opt Mater Express, 7, 354 (2017)

ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РОСТА НА ТВЕРДОСТЬ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА 3D ОБРАЗЦОВ ИЗ СТАЛИ GP1

Щапова Е.А.[1], Сташков А.Н.[1], Щапов Г.В.[2], Быченок В.А.[3]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Учреждение науки ИКЦ СЭКТ, г. Санкт-Петербург
E-mail: schapova@imp.uran.ru

EFFECTS OF BUILDING DIRECTION ON HARDNESS, ELECTRICAL AND MAGNETIC PROPERTIES OF 3D SAMPLES OF GP1 STEEL

Schapova E.A.[1], Stashkov A.N.[1], Schapov G.V.[2], Bychenok V.A.[3]

[1)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[3)] Establishment of science “Engineering and Design Center of Supporting the Operation of Space Technology”, St. Petersburg, Russia

Properties of vertical and horisontal samples have been found to be different. The results show the inhomogenity in properties distribution over the vertical samples lenght in contrast to horisontal samples. The heat treatment led peoperties of vertical samples to be uniformly distributed.

Селективное лазерное сплавление (СЛС) является одним из новейших методов в 3D-печати [1]. Среди сталей, применяемых для 3D-печати готовых изделий, популярны нержавеющие стали 17-4 PH и ее аналог сталь марки GP1. Известны научные работы [2-5], посвященные исследованию механических свойств и микроструктуры изделий из этой стали. Однако отсутствуют исследования, направленные на установление закономерностей поведения параметров неразрушающего контроля в зависимости от направления выращивания образцов. Задача текущей работы состояла в исследовании влияния направления роста на комплекс магнитных и электрических характеристик, а также твердость образцов из стали GP1.

Магнитные свойства были измерены на установке Remagraph C-500. Удельное электрическое сопротивление измерялось по четырехпроводной схеме. Твердость измерялась на приборе по методу Роквелла при нагрузке 1471Н, а микротвердость с помощью прибора Micro Identation Tester CSM при максимальной нагрузке 1Н и выдержке 5 с.

Установлено, что свойства вертикально и горизонтально выращенных образцов различаются. В вертикально выращенных образцах магнитные и электрические свойства и твердость неодинаковы в разных частях образцов. В нижней части образца намагниченность насыщения составляет 651, а в верхней части – 485 кА/м, что указывает на неоднородность фазового состава. Данный вывод был подтвержден с помощью рентгенографических исследований. Удельное электрическое сопротивление и твердость нижней и верхней частей отличаются на 9%. В горизонтально выращенных образцах наблюдается однородность свойств вдоль образцов. Остаточная магнитная индукция превышала максимальное значение для вертикально выращенных образцов в два раза (0,4 Тл против 0,2 Тл), что может свидетельствовать о наличии больших остаточных напряжений в вертикально выращенных образцах. Удельное электрическое сопротивление и твердость для горизонтально выращенных образцов составили 101 мкОм·см и 37 HRC, а для вертикально выращенных варьировались от 90 до 98 мкОм·см и от 35 до 32 HRC, соответственно.

Далее все образцы были термообработаны при 650 ^{0}C в течение 1 часа. Было установлено, что такой режим термообработки оказал заметное влияние на вертикально выращенные образцы. Остаточная индукция возросла до 0,4 Тл, твердость увеличилась до 40 HRC, а удельное электросопротивление снизилось до 85 мкОм·см. Кроме того, свойства стали распределены по длине образца равномерно. Для горизонтально выращенного образца заметные изменения произошли лишь с удельным электросопротивлением – оно уменьшилось до 76 мкОм·см.

Полученные результаты показали, что направление роста при 3D-печати, а также последующая термообработка оказывают большое влияние на магнитные и электрические свойства, а также твердость образцов из коррозионно-стойкой стали GP1. Данный факт необходимо учитывать при проектировании и изготовлении изделий из данной марки сталей методом СЛС. Результаты данной работы

могут помочь при создании неразрушающей методики для контроля качества готовой продукции.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России (тема «Диагностика», № г.р. АААА-А18-118020690196-3).

1. Yap C.Y., Chua C.K., Dong Z.L., Liu Z.H., Zhang D.Q., Loh L.E., Sing S.L., Applied physics review, 2, 041101 (2015).
2. Clausen B., Brown D.W., Carpenter J.S., Clarke K.D., Clarke A.J., Vogel S.C., Bernardin J.D., Spernjak D., Thompson J.M., Material Science and Engineering A, 696, 331-340 (2017).
3. Pasebany S., Ghayoor M., Badwe S., Irrinki H., Atre S.V., Additive manufacturing, 22, 127-137 (2018).
4. Yadollahi A., International Journal of Fatigue, 94, 218-235 (2017).
5. Murr L.E., Martinez E., Hernandez J., Collins S., Amato K.N., Gaytan S.M., Shindo P.W., Journal of Material Research and Technology, 1, 167-177 (2012).

КВАНТОВЫЙ РАЗМЕРНЫЙ ЭФФЕКТ И КРИТИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРА ТОНКИХ ПЛЁНОК АЛЮМИНИЯ

Седов Е.[1], Завьялов В.В.[1, 2], Арутюнов К.Ю.[1, 2]

[1)] Высшая Школа Экономики
[2)] Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН
E-mail: esedov@hse.ru

QUANTUMS SIZE EFFECT AND CRITICAL TEMPERATURE OF THIN ALUMINUM FILMS

Sedov E.[1], Zavialov V.V.[1, 2], Arutyunov K.U.[1, 2]
[1)] Higher School of Economics
[2)] P. L. Kapitza Institute for Physical Problems RAS

New effects appear in superconductors with reduction of their size – changing of critical temperature Tc. This is mechanism influenced by many factors. Here the result of the investigation of aluminum films and demonstrate the presence of quantum-confinement process that was not considered earlier.

Ещё в 60-х годах прошлого века было показано, что, уменьшая размеры сверхпроводящей структуры, например, толщины тонкой плёнки, её критическая температура изменяется. В свинце, ниобии, ртути она уменьшается, в то время как в алюминии, индии и олове она увеличивается [1]. Тем не менее, общепризнанной теории, объясняющей данное явление до сих пор нет. В 70-х годах, во время пика исследований по данной тематике, В.Л. Гинзбург предположил, что

температура перехода достаточно чистой, моноатомной плёнки сверхпроводника будет точно такой же, как и в объёмном теле [2]. Однако, данное предположение так и не было проверено, и вопрос о природе этого эффекта всё ещё остаётся открытым.

Для исследования был выбран алюминий, в связи с тем, что зависимость T_C пленки от ее толщины весьма предсказуема, и увеличивается с уменьшением размеров. Несмотря на некоторое количество работ по изучению этой зависимости в алюминии, не всегда удаётся точно установить соответствие с теорией. Это связано с тем, что характеристики варьируются от образца к образцу, изготовленных даже в одной партии. В нашем случае были изготовлены поликристаллические плёнки, размеры кристаллитов в которых сопоставимы с толщиной плёнки и эпитаксиальные образцы с атомарно гладкой поверхностью. Плёнки были изготовлены методами электронно-лучевого напыления и молекулярно-лучевой эпитаксии на различные подложки.

В рамках модели БКШ критическая температура сверхпроводящего перехода экспоненциально зависит от плотности электронных состояний на уровне Ферми $N(E_F)$ и константы электрон-фононного взаимодействия V:

$T_C \sim \exp(-1/N(E_F))*V$

В работе [3] показано, что за счет КРЭ в тонких сверхпроводящих пленках оба параметра $N(E_F)$ и V немонотонным образом меняются с толщиной образца.

Такое поведение является следствием теории резонанса формы [3]. Предположительно, эффект, оказываемый разупорядоченностью кристаллитов, а также поверхностью или подложкой, не имеет доминирующей роли конкретно в нашем случае, так как плёнки алюминия имеют высокое качество, а их толщины выходят далеко за пределы сверхтонких объектов, в которых поверхностные явления начинают играть решающую роль.

В результате проделанного исследования была получены экспериментальные и теоретическая зависимость T_C от толщины плёнок, изготовленных разными способами на разных подложках.

1. A. M. Toxen. Phys. Rev. – 1961 – 123 – 2.
2. V. L. Ginzburg. Journ. Experimental Theoret. Phys. (U.S.S.R.) – 1964 – 47 – 2318-2320.
3. A. A. Shanenko, M. D. Croitoru, F. M. Peeters. Phys. Rev. B – 2008 – 8 – 054505.
4. Arutyunov K. Yu. Et al. Phys. Status Solidi RPL – 2018 – 1800317.

ДАЛЬНИЙ И БЛИЖНИЙ МАГНИТНЫЕ ПОРЯДКИ В АНТИФЕРРОМАГНЕТИКЕ $LiNiPO_4$

Сёмкин М. А.[1]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН
E-mail: m.a.semkin@urfu.ru

LONG- AND SHORT-RANGE ORDERING IN $LiNiPO_4$ ANTIFERROMAGNETIC

Semkin M. A.[1]

[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences

The features of the temperature dependences of the heat capacity and magnetic susceptibility from a long-range to short-range ordering transition of the $LiNiPO_4$ antiferromagnetic are considered. They were correlated with experiments on neutron scattering on a $LiNiPO_4$ single crystal.

Рассмотрены особенности температурных зависимостей теплоемкости и восприимчивости при переходе дальний – ближний порядок антиферромагнетика $LiNiPO_4$ в поликристаллическом образце и монокристалле. Проведена их корреляция с экспериментами по рассеянию нейтронов на монокристалле $LiNiPO_4$. Синтез образцов $LiNiPO_4$ и аттестация кристаллической структуры подробно описаны в работах [1, 2].

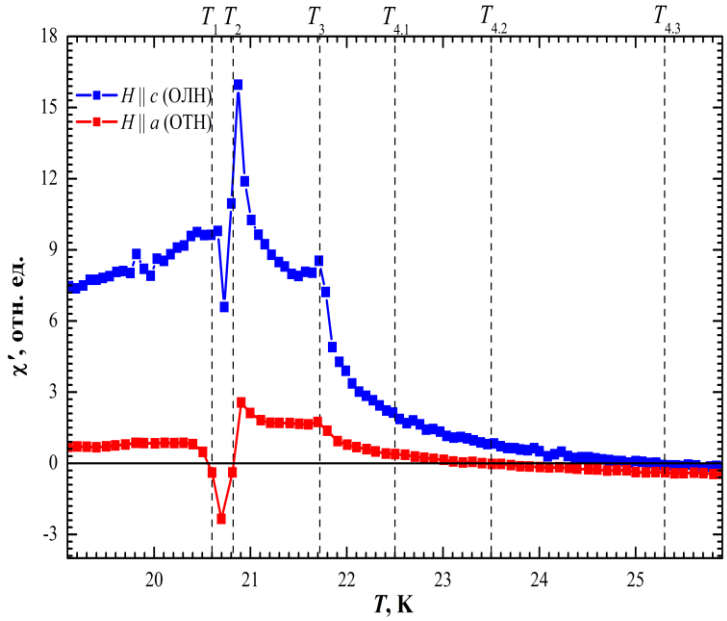


Рис. 1. Температурная зависимость первой производной магнитной восприимчивости монокристалла $LiNiPO_4$

На рисунке 1 показана температурная зависимость первой производной магнитной восприимчивости $\chi'(T)$ монокристалла $LiNiPO_4$, полученная на нагрев во

внешнем магнитном поле 500 Э, приложенном вдоль кристаллографической оси c – оси легкого намагничивания (ОЛН) и оси a – оси трудного намагничивания (ОТН). Анализируя магнитные и тепловые свойства $LiNiPO_4$ в комплексе с рассеянием нейтронов можно выделить несколько особенностей поведения $\chi'(T)$, на рисунке вертикальными пунктирными линиями обозначены температуры магнитных фазовых переходов (МФП).

Магнитные ионы Ni находятся в позиции 4c орторомбической структуре оливина $LiNiPO_4$ (пространственная группа Pnma). Ниже температуры $T_1 = 20{,}6$ К магнитные моменты ионов Ni ориентированы антиферромагнитно вдоль оси c. Выше температуры $T_2 = 20{,}8$ К магнитная структура $LiNiPO_4$ перестраивается в модулированную антиферромагнитную (АФМ) с дальним магнитным порядком, которая описывается поперечной спиновой волной с вектором распространения $k = 2\pi/b\ (0, \tau, 0)$. В интервале от T_1 до T_2 сосуществую и соизмеримая и модулирования фазы. При нагреве выше $T_3 = 21{,}7$ К остается только ближний порядок несоизмеримой фазы, который сохраняется до температуры $T_{4.1} = 22{,}5$ К (по данным рассеяния нейтронов, вдоль оси c монокристалла $LiNiPO_4$), и температур $T_{4.2} = 23{,}5$ К, $T_{4.3} = 25{,}3$ К (температур, при которых зависимость $\chi'(T)$ пересекает нулевое значение, вдоль ОТН и ОЛН, соответственно). Для случая изотропного магнетика, т. е. поликристаллического $LiNiPO_4$, наблюдаются температуры: $T_2 = 20{,}8$ К; $T_3 = 21{,}7$ К; и $T_4 = 24{,}3$ К. Таким образом, расхождение между температурами T_4, в нашем случае, связано с анизотропией магнитных свойств.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-32-60011.

1. Urusova N.V., Semkin M.A., Lee S., Barykina J.A., Kellerman D.G., Teplykh A.E., Pirogov A.N., Volegov A.S., Skryabin Yu.N., Magnetic ordering and crystal structure of LiMPO4 compounds with M = (Mn, Fe, Ni/Mn and Ni/Co)// Ferroelectrics – 2017. – Vol. 509 – P. 74-79.
2. Urusova N., Semkin M., Kratochvilova M., Barykina J., Volegov A., Park J.-G., Lee S., Pirogov A., Analysis of migration maps and features of magnetic properties of LiNi0.9M0.1PO4 (M = Co, Mn) single crystals// Journal of Alloys and Compounds – 2019. – Vol. 781. – P. 571-581.

О ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТОАКУСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕГО УПРОЧНЕНИЯ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДВУСТАДИЙНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Сербин Е.Д.[1, 2], Костин В.Н.[1, 2], Конев Н.В.[2]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: serbin@imp.uran.ru

ON THE POSSIBILITY OF MAGNETOACOUSTIC EVALUATION OF THE RESULTING STRENGTHENING OF MEDIUM-CARBON STEEL AS A RESULT OF TWO-STAGE PLASTIC DEFORMATION

Serbin E.D.[1, 2], Kostin V.N.[1, 2], Konev N.V.[2]

[1)] Institute of Metal Physics n.a. M.N. Mikheev of UrB of RAS
[2)] Ural Federal University n.a. the first President of Russia B.N. Yeltsin

Material softening can be detected by the parameter associated with the major hysteresis loop shape. It is established that the parameter proportional to the maximum magnetoacoustic emission field can be a diagnostic parameter of the resulting steel hardening after two-stage plastic deformation.

Холодная пластическая деформация сталей и сплавов приводит к повышению их прочностных свойств и широко применяется в производстве различных изделий [1]. Изменение макро- и микроструктуры при пластической деформации сталей приводит к изменению их магнитных свойств. Монотонный рост коэрцитивной силы является типичным практически всех феррито-перлитных сталей при увеличении степени пластической деформации, что обуславливает применение этого параметра для контроля деформационного упрочнения [2]. Однако при деформации более 20% для сталей с содержанием углерода 0,3 % и более чувствительность коэрцитивной силы к пластической деформации резко падает. Так, например, рост коэрцитивной силы, прокатанной в валках стали 70Г при увеличении от 10 до 70 % не превышает 15 % [3].

Целью данного исследования было выявление степени влияния двустадийной деформации (прокатка в валках и последующее плоское прессование) на комплекс магнитных, ультразвуковых и магнитоакустических свойств среднеуглеродистой стали применительно к определению оптимальных параметров селективной оценки степени пластической деформации, определяющей прочностные свойства материала, а также макронапряжений, влияющих на возможные диагностические параметры.

Для варьирования степени пластической деформации пластины различной исходной толщины из отожженной среднеуглеродистой стали были прокатаны в

валках с постоянной скоростью при комнатной температуре до одинаковой конечной толщины. После этого все пластины были подвергнуты плоскому прессованию при нагрузке в 150 тонн.

Установлено, что увеличение степени холодной деформации прокаткой с последующим плоским прессованием с одинаковой нагрузкой приводит к немонотонному изменению твердости и комплекса магнитных, акустических и магнитоакустических характеристик. Это объясняется совокупным изменением дислокационной структуры и напряжений первого рода в результате формоизменения образцов при двустадийной деформации.

Показано, что происходящее при восстановлении плоскостности разупрочнение материала можно обнаружить по увеличению связанного с формой предельной петли критического поля.

Показано, что пропорциональный полю максимальной магнитоакустической эмиссии параметр коррелирует с твердостью образцов и может быть диагностическим параметром результирующего упрочнения исследуемой стали в результате двустадийной пластической деформации.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Диагностика», № АААА-А18-118020690196-3) при частичной поддержке РФФИ (проект № 18-38-00253).

1. Хоникомб Р. Пластическая деформация металлов, Мир (1972).
2. Михеев М.Н., Э.С. Горкунов. Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля, Наука (1993).
3. Костин В.Н., Царькова Т.П., Сомова В.М., Сажина Е.Ю. Деф. и разр. мат., 2, 45-47 (2009).

ВИСМУТОВЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ МАТЕРИАЛЫ С НИЗКИМ ЗНАЧЕНИЕМ КРИТИЧЕСКОГО ТОКА В НИЗКОЧАСТОТНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Сергеев А.В.[1], Калядин О.В.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет
E-mail: sergeev-av@bk.ru

BISMUTH CERAMIC HIGH-TEMPERATURE SUPERCONDUCTING MATERIALS WITH A LOW CRITICAL CURRENT IN A LOW-FREQUENCY MAGNETIC FIELD

Sergeev A.[1], Kalyadin O.[1]
[1)] Voronezh State Technical University

This work describes the behavior of high-temperature bismuth-based superconductors when exposed to an alternating magnetic field. It has been found that superconductors with a low critical current have nonlinear magnetic properties in the temperature range of the superconducting transition

Конструкционными материалами для слаботочной электроники могут являться и сверхпроводящие материалы, обладающих нелинейными свойствами, проявляющиеся в случае протекании в их объеме транспортных токов или воздействия магнитных полей. Нелинейности проявляются в виде нелинейных вольт-амперных характеристик сверхпроводника или появления высших гармонических составляющих в сигнале отклике на переменное магнитное поле. Эти свойства могут быть использованы в магниточувствительных датчиках, устройствах генерации или преобразования электрических сигналов.

Методом твердофазного синтеза были получены образцы многофазных сверхпроводящих купратов $Bi_{2-x}Pb_xSr_2Ca_nCu_{n+1}O_{2n+6}$, где n=1, 2, 3. Согласно результатам фазового анализа, все видимые дифракционные линии на дифрактограммах идентифицировались как рефлексы фаз Bi-2212 и Bi-2223. Доля примесных фаз, по результатам оценок не превышает во всех образцах 3 %. Фаза Bi-2223 (53% по массе) принадлежит четырехмерной пространственной группе A2aa(a00)000. Фаза Bi-2212 (47% по массе) принадлежит четырехмерной пространственной группе Bbmb(0b1)000. Периоды решетки a, b, c соединений Bi-2212 (a=5.398; b=5.401; c=30.783) и Bi-2223 (a=5.411; b=5.411; c=37.21), определенны по методу Ритвелда, согласуются с известными данными. Значения атомных координат близки к тем, которые были получены при уточнении структуры монокристальным методом.

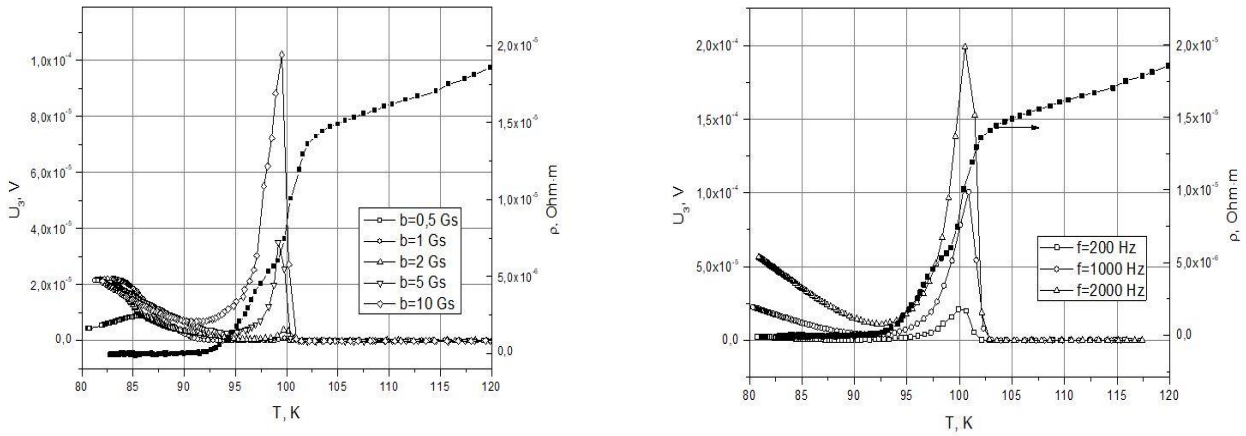


Рис. 1. Влияние амплитуды переменного магнитного поля b и частоты f на зависимость U3(T)

В результате исследований образцов было обнаружено, что на кривых нечетных напряжений гармоник, выделенных из сигнала отклика образца на переменное магнитное поле, наблюдаются два максимума [1]. Были получены зависимости напряжений гармоник сигнала отклика образца на переменное магнитное поле $U_n(T)$, где n=3, 5, 7, 9 и удельного электрического сопротивления образца ρ(T). На зависимостях $U_n(T)$, где n = 3, 5, 7, 9 максимум («высокотемпературный») при температуре T ≈ 100 K реализуется в состоянии, когда исследуемый образец сверхпроводника обладает электрическим сопротивлением ρ≠0. При этом второй максимум («низкотемпературный») наблюдается при ρ=0 Ом•м. На приведены зависимости U3(T), полученные в результате исследования частоты и амплитуды переменного магнитного поля на поведение «высокотемпературного» максимума. При анализе зависимостей было установлено, что значение «высокотемпературного» максимума на зависимости $U_n(T)$ растет пропорционально квадрату амплитуды переменного магнитного поля b2 и пропорционально частоте f. Установлено, что такие свойства связаны с кристаллической структурой полученных сверхпроводников, а именно – соотношением массовой доли фаз Bi-2212 и Bi-2223. При высоких концентрациях фазы Bi-2223 «высокотемпературный» максимум исчезает.

1. Golev I.M., Sergeev A.V., Kalyadin O.V., Physics of the Solid State, Vol. 59, No. 1, pp. 16–20, (2017)

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ФРУСТРАЦИЙ ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ В ДВУМЕРНОЙ РАЗБАВЛЕННОЙ МОДЕЛИ ИЗИНГА В МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКОМ ЭФФЕКТЕ

Шадрин А.В.[1], Улитко В.А.[1], Панов Ю.Д.[1]

[1)] Институт Естественных Наук и Математики, УрФУ, 620002, Екатеринбург, Россия
E-mail: fynjygame@rambler.ru

DETECTION OF GROUND STATE FRUSTRATIONS IN THE 2D DILUTE ISING MODEL IN THE MAGNETOCALORIC EFFECT

Shadrin A.[1], Ulitko V.[1], Panov Yu.[1]

[1)] Institute of Natural Sciences and Mathematics, UrFU, 620002, Ekaterinburg, Russia

We consider the magnetocaloric effect (MCE) for the 2D Ising system with a fixed concentration of non-magnetic mobile charged impurities. Pseudospin formalism is used to describe the system. The possibility of using the MCE effect to reveal a hidden frustration in the system is discussed.

Разбавленная модель Изинга [1] является одной из основных в теории разупорядоченных магнитных систем. Мы рассматриваем магнитокалорический эффект (МКЭ) для двумерной модели Изинга с фиксированной концентрацией n немагнитных подвижных заряженных примесей в пределе сильных межузельных зарядовых корреляций. Актуальность данного исследования обусловлена развитием технологии магнитного охлаждения.

Мы используем псевдоспиновый формализм, где для данного узла решетки двум магнитным состояниям с проекциями спина $S_z = \pm 1/2$ соответствуют состояния псевдоспина S = 1 с проекциями $S_z = \pm 1$, примеси соответствует состояние с $S_z = 0$. Гамильтониан системы имеет вид:

$H = J'\sum_{(ij)}S_{zi}S_{zj} + V\sum_{(ij)} P_{i0}P_{j0}$, (1)

где S_{iz} - z-проекция оператора псевдоспина на узле, $P_{i0} = 1 - S^2_{iz}$ - оператор проекции на состояние $S_z = 0$, $J' = Js^2$, J - обменный интеграл, s = 1/2, V - параметр межузельных зарядовых корреляций, а (ij) означает суммирование по ближайшим соседям.

Мы исследовали зависимости термодинамических величин системы с гамильтонианом (1) от температуры, магнитного поля и концентрации примесей с помощью классического метода Монте-Карло (алгоритм Метрополиса) и вычислили параметры МКЭ для различных величин V/J'. Обсуждается возможность детектирования фрустраций, связанных с появлением изолированных магнитных кластеров в основном состоянии двумерной разбавленной изинговской системы в случае сильных межузельных зарядовых корреляций, V/J'»1, с помощью данных о магнитной энтропии системы.

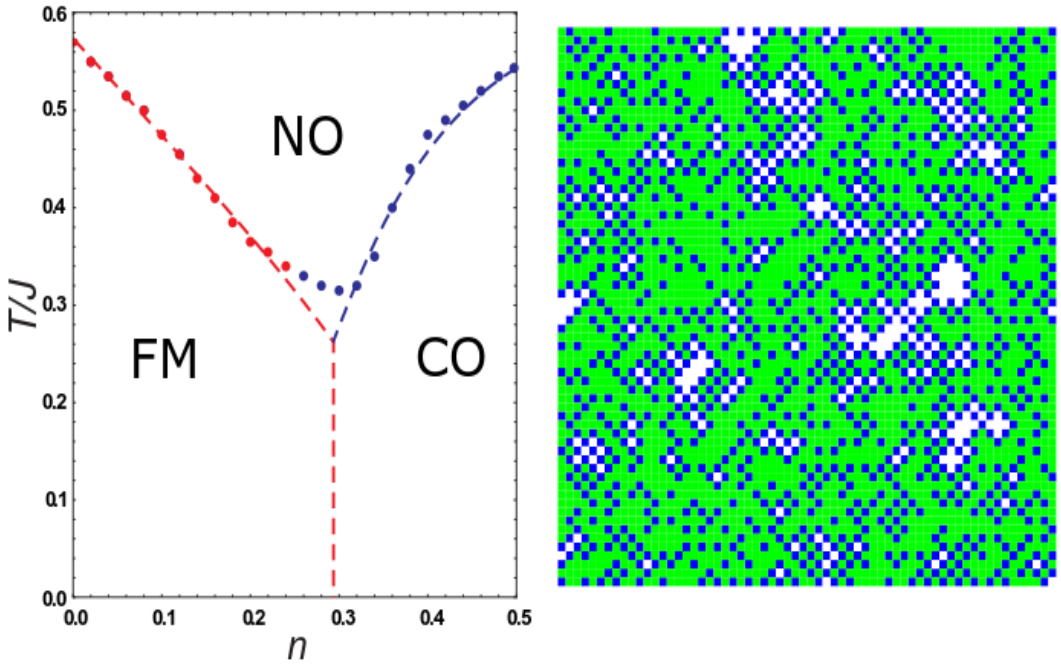


Рис. 1. Фазовая диаграмма двумерной разбавленной модели Изинга (левая панель) и снимок решетки 64×64 в основном состоянии для концентрации немагнитных примесей n = 0.3 (правая панель) в пределе сильных межузельных зарядовых корреляций: V/J' = 4. FM - ферромагнитное упорядочение, CO - зарядовое упорядочение

1. S. Katsura, B. Tsujiyama, Ferro- and Antiferromagnetism of Dilute Ising Model, in: C. Domb (Ed.), Proceedings of the Conference on Phenomena in the Neighborhood of Critical Points, National Bureau of Standards, Washington, D.C., 1965: pp. 219-224

МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В МАТЕРИАЛАХ НА ОСНОВЕ ХАЛЬКОГЕНИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Маслова Д.Е.[1], Шерокалова Е.М.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, ИЕНиМ, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: dasha_tgpi@mail.ru

MAGNETO-CALORIC EFFECT IN MATERIALS BASED ON CHALCOGENIDES OF TRANSITION METALS

Maslova D.E.[1], Sherokalova E.M.[1]

[1)] Ural Federal University, Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ekaterinburg, Russia

Chalcogenide $Fe_3(Se_{1-y}Te_y)_4$ samples have been synthesized by solid state reactions and their phase composition and magnetothermal properties have been studied. The composition with enhanced values of the refrigerating capacity in the vicinity of room temperatures has been determined.

Халькогениды переходных металлов обладают смешанным ионно-гомеополярным типом связи [1], что позволяет путем изменения соотношения металл/халькоген, а также замещений в катионной или анионной подрешетке существенно модифицировать свойства таких материалов. Исследования материалов со слоистой структурой очень перспективно в связи с разнообразием физических свойств, структурных, электронных и магнитных фазовых превращений.

Известно, что железосодержащее слоистое соединение Fe_3Se_4 обладает дальним ферримагнитным порядком при температурах ниже $T_C \sim$ (320-340) K и высокими значениями коэрцитивной силы H_c=40 кЭ при низких температурах [2]. Измерения намагниченности наночастиц Fe_3Se_4 позволили провести оценку магнитокалорического эффекта (ΔSM) и хладопроизводительности (RCP). При T = 317 K максимальное значение $\Delta SM = 46 \times 10^{-2}$ Дж·кг$^{-1}$K^{-1} и RCP = 12.45 Дж·кг$^{-1}$ [3]. Анализируя литературные данные, можно предположить, что замещение по анионной подрешетке соединения Fe_3Se_4 теллуром, имеющим больший ионный радиус по сравнению с селеном, позволит уменьшить температуру магнитного фазового перехода и сдвинуть максимум изменения ΔSM в область комнатных температур.

В настоящей работе выполнен твердофазный синтез образцов $Fe_3(Se_{1-y}Te_y)_4$, изучен их фазовый состав и магнитотепловые характеристики. Установлено, что непрерывный ряд твердых растворов при замещении по анионной подрешетке наблюдается до концентрации теллура y = 0.25 с сохранением моноклинной сингонии (пространственная группа I2/m). При увеличении содержания теллура больше y = 0.25 в образцах $Fe_3(Se_{1-y}Te_y)_4$ происходит фазовое расслоение: наряду с моноклинной фазой наблюдается выделение фазы с орторомбической

сингонией на основе $FeSe_2$ (пространственная группа Pnnm). Определена концентрация теллура при которой в соединениях $Fe_3(Se_{1-y}Te_y)_4$ наблюдается магнитный фазовый переход в области комнатных температур. Найден состав значение RCP у которого в два раза превышает значение хладопроизводительности соединения Fe_3Se_4.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № FEUZ-2020-0054)

1. Klipstein P.C., Frind R.H., Semiconductor to semimetal transition in TiS2 at 40 kbar, J. Phys. C: Solid State Phys., V. 17, P. 1-10 (1984).
2. Li D, Jiang J.J., Liu W. et al., Positive magnetoresistance in Fe3Se4 nanowires, J. Appl. Phys., V. 109, P. 1-4 (2011).
3. Bishwas M.S., Poddar P., Study of magnetic entropy and heat capacity in ferromagnetic Fe3Se4 nanorods, J. Phys. D: Appl. Phys., 49, 195003 (2016).

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЁНОК ДИОКСИДА ГАФНИЯ В ОБЛАСТИ КРАЯ СОБСТВЕННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ

Шилов А.О.[1], Савченко С.С.[1], Вохминцев А.С.[1],
Гриценко В.А.[2], Вайнштейн И.А.[1, 3]

[1)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, г. Новосибирск, Россия
[3)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: ao.shilov@urfu.ru

OPTICAL PROPERTIES OF HAFNIA THIN FILMS NEAR ABSORPTION EDGE

Shilov A.O.[1], Savchenko S.S.[1], Vokhmintsev A.S. [1],
Gritsenko V.A.[2], Weinstein I.A.[1, 3]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Rzhanov Institute of Semiconductor Physics SB RAS, Novosibirsk, Russia
[3)] Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Optical absorption spectra for HfO_2 thin films were measured. Thickness of films, absorption coefficient and dispersion curves for the refractive indices were calculated. Absorption edge was analyzed as superposition of indirect band-to-band and exciton-related transitions.

Работа посвящена исследованию оптических свойств тонких плёнок диоксида гафния, имплантированных ионами бора. Появление сегнетоэлектрических свойств и улучшение мемристивных характеристик у этого high-k диэлектрика при допировании ионами различных элементов, его высокая диэлектрическая проницаемость в исходном и легированном состояниях позволяют отнести HfO_2 к перспективным материалам, на основе которых возможно создание элементов памяти нового поколения. Для решения ряда фундаментальных проблем и различных задач, связанных с практическим применением диоксида гафния в опто- и наноэлектронике, необходимо более глубокое понимание особенностей его электронной структуры и дальнейшее изучение закономерностей формирования его оптических свойств.

В работе анализировались тонкие плёнки HfO_2 толщиной 300 нм (по данным производителя), которые были получены в ИФП СО РАН методом ионно-лучевого распыления осаждения на подложке кварца КУ 9х9х1 мм в присутствии кислорода. Исследования проводились для исходной пленки и для трёх образцов после имплантации ионов бора B+ (изотоп B11). Применялся режим облучения 50 кэВ с флюенсами $3.0 \cdot 10^{12}$, $3.0 \cdot 10^{14}$ и $3.0 \cdot 10^{15}$ см$^{-2}$.

Измерение спектров оптического поглощения при комнатной температуре было произведено с помощью спектрофотометра SHIMADZU UV-2450 в диапазоне длин волн 190 – 900 нм. Предварительно был определён спектр поглощения кварцевой подложки, для анализа поглощения оксидных плёнок использовали разностные спектры.

Обнаружено, что на спектры оптического поглощения в области длин волн 230 нм оказывает сильное влияние интерференция, исключение которой производилось по известной методике, посредством построения огибающих кривых и обработкой результата с помощью среднего геометрического. Данный способ позволил также оценить толщину синтезированных пленок HfO_2, которая для всех образцов лежит в диапазоне 290 ± 10 нм. Кроме того, были построены дисперсионные кривые показателей преломления для каждого образца.

Установлено, что для всех измеренных зависимостей в области 215-227 нм присутствует явно выраженное плечо, в интервале 210-215 нм наблюдается резкий рост поглощения. Указанные спектральные зависимости были аппроксимированы с высокой точностью в предположении суперпозиции края собственного поглощения для непрямых разрешенных переходов и изолированной полосы гауссовой формы. Для всех образцов была выполнена оценка ширины запрещенной зоны Eg = 5.4 ± 0.05 эВ, рассчитаны параметры пика вблизи края собственного поглощения – энергия максимума 5.55 ± 0.10 эВ и полуширина 0.45 ± 0.05 эВ. На основе литературного анализа, сделано предположение, что указанный максимум может быть обусловлен оптическими переходами с участием автолокализованных экситонов. Показано, что имплантация ионов бора в диапазоне используемых флюенсов не оказывает заметного влияния на спектральные параметры в исследуемых пленках диоксида гафния. Полученные результаты проанализированы в сравнении с независимыми литературными данными.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ БЕЗДИФРАКЦИОННЫХ ИМПУЛЬСОВ ЭЙРИ СЕЧЕНИЯ В СРЕДЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Шилов Т.Б.[1], Двужилов И.С.[1], Двужилова Ю.В.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет
E-mail: dvuzhilov.ilya@volsu.ru

RESEARCH OF THE DYNAMICS OF NON-DIFFRACTION AIRY SECTION PULSES IN THE ENVIRONMENT OF CARBON NANOTUBES

Shilov T.B.[1], Dvuzhilov I.S.[1], Dvuzhilova Yu.V.[1]
[1)] Volgograd state university

The problem of the propagation dynamics of optical pulses (light bullets) with an Airy profile in an inhomogeneous medium of carbon nanotubes is considered. It is shown numerically that the proposed type of beam exhibits a steady and stable propagation.

В 2007 году группа ученых из Флориды сформировала при помощи пространственного модулятора света пучок Эйри, который при распространении в свободном пространстве сохраняет свой вид на некотором интервале, а траектория распространения основного максимума изгибается, напоминая при этом радугу. Известно, что пучки Эйри распространяются бездифракционно, т.е. отсутствует дифракционное расплывание. Кроме того, имеется повышенная устойчивость к амплитудно-фазовым искажениям. Другим элементом, обладающим уникальными свойствами в рамках нелинейной оптики, являются углеродные нанотрубки (УНТ). Исследователей привлекает как простота их строения, так и уникальность их свойств, что в свою очередь способствует развитию исследований в области распространения оптических импульсов, разработке оптических приборов на их основе, но основным, и немаловажным качеством, которым обладают углеродные нанотрубки – это возможность их использования в качестве среды для образования световых пуль [1-4]. Заметим, что среда, включающая в себя УНТ и пространственно модулированный показатель преломления может создать затруднения в практическом плане. Объективным выходом из данной ситуации будет получение сред, распределение УНТ в которых будет неоднородно, что приведет к возникновению пространственной модуляции показателя преломления и приведет к изменению скорости распространения оптического импульса, и появится возможность управлять временем задержки импульса в такой среде.

Импульс Эйри распространяется устойчиво. Основная часть энергии продолжает быть сосредоточенной в центральной части импульса, хотя и наблюдается дифракционное уширение. Можно сделать вывод об устойчивости световой пули. Отметим, что в отличие от случая линейной среды, в данном случае, в силу нелинейности среды, форма импульса уже не сохраняется.

Увеличение периода модуляции приводит к распространению импульса с большей скоростью, а уменьшение периода соответственно уменьшает скорость импульса. Это находится в общем согласии с представлениями о поведении импульса в периодически модулированных средах и связано с картиной формирования импульса в таких средах. Можно сказать, что, меняя период модуляции плотности углеродных нанотрубок можно управлять скоростью импульса, что особенно ценно в устройствах задержки импульса.

1. Zhukov A.V., Bouffanais R., Belonenko M.B., Konobeeva N.N., Nevzorova Yu.V., George T.F., Eur. Phys. J. D., 69, (2015)
2. Leblond H., Mihalache D., Phys. Rev. A. 86, 043832, (2012)
3. Leblond H., Mihalache D., Phys. Rep. 523, № 2, 61, (2013)
4. Zhukov A.V., Bouffanais R.E., Fedorov G., Belonenko M.B., J. Appl. Phys., 114, 143106, (2013)

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТЕКОЛ SiO_2, ИМПЛАНТИРОВАННЫЕ ИОНАМИ ВИСМУТА

Галиулина Ю.С. [1], Кубиси М.С.И. [2], Штанг Т.В. [1], Бирюков Д.Ю.[1], Зацепин А.Ф.[1], Гаврилов Н.В.[3], Мамонов А.П.[1]

[1)] Физико-технологический институт, Уральский федеральный университет, 620002, Екатеринбург, Россия
[2)] Department of Physics, Faculty of Science, Al-Azhar University, 71542, Egypt
[3)] Институт электрофизики УрО РАН, 620016 Екатеринбург, Россия
E-mail: t.v.shtang@gmail.com

OPTICAL PROPERTIES OF SIO_2 GLASSES IMPLANTED WITH BISMUTH IONS

Galiulina J.S.[1], Koubisy M.S.I.[1, 2], Shtang T.V.[1], Biryukov D.Yu.[1], Zatsepin A.F.[1], Gavrilov N.V.[3], Mamonov A.P.[1]

[1)] Institute of Physics and Technology, Ural Federal University, 620002 Yekaterinburg, Russia
[2)] Department of Physics, Faculty of Science, Al-Azhar University, 71542, Egypt
[3)] Institute of Electrophysics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 620016 Yekaterinburg, Russia

Optically transparent SiO_2 glasses were implanted in a pulsed mode with 30 keV bismuth ions with different doses. The depth of penetration of ions into the studied SiO_2 samples was estimated using the SRIM software package. Optical absorption spectra were recorded on a Lambda 35 spectrophotometer.

В последнее время большое внимание уделяется исследованиям оптических легированных стекол для применений в оптоэлекронике, лазерной технике, медицине и других важных областях промышленности. Достаточное количество работ сосредоточено в области имплантации материалов ионами редких металлов [1], проявляющие свои оптические свойства в области диапазона длин волн 900-2100 нм. Волоконные структуры, легированные висмутом, демонстрируют излучение в области 1100-1500 нм [2]. Исследования легированного висмутом волокна из чистого кремнезема без других легирующих примесей показали, что люминесценция обусловлена специфической средой ионов висмута и не связана напрямую с другими элементами [2]. Однако природа активных центров, образуемых висмутом, до конца не ясна. Незащищенная волоконная структура может подвергаться разрушению при внешнем воздействии, в то время как планарные структуры обладают стабильностью характеристик в условиях эксплуатации. Поэтому целью нашей работы является исследование планарных структур, полученных с помощью ионно-плазменной технологии, на примере стекол SiO_2, имплантированных ионами висмута с различными дозами.

В качестве исходной матрицы для имплантации были выбраны оптически прозрачные стекла SiO_2 размером ~ 10 x 10 мм^2, толщиной около 2,05 мм,

подготовленные стандартным и технологически сертифицированным методом. Данный материал обладает высокой пропускной способностью в видимой и инфракрасной областях спектра. Имплантация ионами висмута проводилась в импульсном режиме с энергией 30 кэВ. Флюенс ионов составляет: 10^{16}, $5\cdot10^{16}$, 10^{17}, $3\cdot10^{17}$ $см^{-2}$.

Для оценки глубины проникновения ионов висмута в исследуемые образцы SiO_2 использовался программный пакет для компьютерного моделирования Stopping and Range of Ions in Matter (SRIM), основанный на квантово-механических расчетах ион-атомных столкновений [3]. Результаты расчетов показали, что внедрение ионов висмута с начальной энергией 30 keV в приповерхностный слой SiO_2 происходит в диапазоне глубин 6 – 40 nm.

На начальном этапе спектры оптического поглощения регистрировались на спектрофотометре Lambda 35 в диапазоне длин волн 190-1100 нм. Все измерения проводились при комнатной температуре для исходного кварцевого стекла и для имплантированных образцов с флюенсом 10^{16}, $5\cdot10^{16}$, 10^{17}, $3\cdot10^{17}$ $см^{-2}$. Обработка спектров поглощения осуществлялась в приложении OriginPro 9.0.

В процессе ионной имплантации происходит разупорядочение структуры материала, возникновение радиационных дефектов, обусловленных нарушением Si-O-сетки стекла.

С увеличением флюенса увеличивается коэффициент поглощения, причем значительный его рост наблюдается с дозы $5\cdot10^{16}$ $см^{-2}$. Спектры поглощения имеют неэлементарный вид, что свидетельствует о наличии активных центров и структурных дефектов. В ходе анализа были идентифицированы различные типы кислородно-дефицитных центров и центров, связанных с ионами висмута.

1. Dianov E.M., Journal of lightwave technology, 31, No4, 681 (2013).
2. Jiaa, B., Lua, P., Penga, Z., Yana, B., Yangb, B., Wangc, Y., Pengd, G.-D, Journal of Luminescence,198, 384 (2018)
3. Ziegler, J.F. Interactions of ions with matter: http://www.srim.org/

МНОГОСЛОЙНЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ $(Ni/ZrO_2)45$ С РАЗНОЙ ТОЛЩИНОЙ НИКЕЛЕВЫХ СЛОЁВ

Стогней О. В.[1], Смирнов А. Н.[1], Непочатая И. А.[1], Кириллова В. А.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
E-mail: deadpunk@inbox.ru

MULTILAYER $(Ni/ZrO_2)45$ NANOSTRUCTURES WITH DIFFERENT NICKEL LAYERS THICKNESS

Stogney O. V.[1], Smirnov A. N.[1], Nepochataya I. A.[1], Kirillova V. A.[1]
[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Multilayer Ni/ZrO_2 nanostructures with different nickel layer thicknesses (from 1.5 to 10 nm) have been obtained and studied. An electrical percolation threshold and tunnel magnetore-sistance was detected. The observed effects are due to a change in the morphology of the Ni lay-ers.

Многослойные наноструктуры $(Ni/ZrO_2)45$ (45 – количество бислоёв) получены методом ионно-плазменного распыления двух мишеней (Ni и ZrO) с последующим осаждением материалов на подложки, совершающие вращательное движение вокруг мишеней. Напыление никеля производилось через V-образный экран, в то время как напыление диоксида циркония – без экрана. Таким образом, полученные образцы отличались друг от друга только толщиной слоя Ni. Толщина слоя ZrO_2 оставалась постоянной и составляла ~ 3 нм.

Увеличение толщины слоёв никеля от 1,5 до 10 нм приводит к немонотонному уменьшению электрического сопротивления многослойной наноструктуры на 6 порядков. Зависимость электрического сопротивления полученных образцов от толщины слоя никеля имеет вид характерный для систем, проявляющих перколяционный переход по проводимости (рис. 1) [1]. Предполагается, что при толщине слоя никеля 1,5-3 нм многослойные наноструктуры $(Ni/ZrO_2)45$ представляют собой «дискретные» слои из неконтактирующих друг с другом металлических (Ni) наногранул, расположенных между сплошными слоями диэлектрика (ZrO_2). Электроперенос в такой структуре осуществляется посредством туннелирования носителей заряда между металлическими гранулами через диэлектрический барьер (как в случае нанокомпозитной структуры). Наличие «дискретной» структуры подтверждается туннельным магниторезистивным эффектом, наблюдаемом в образцах.

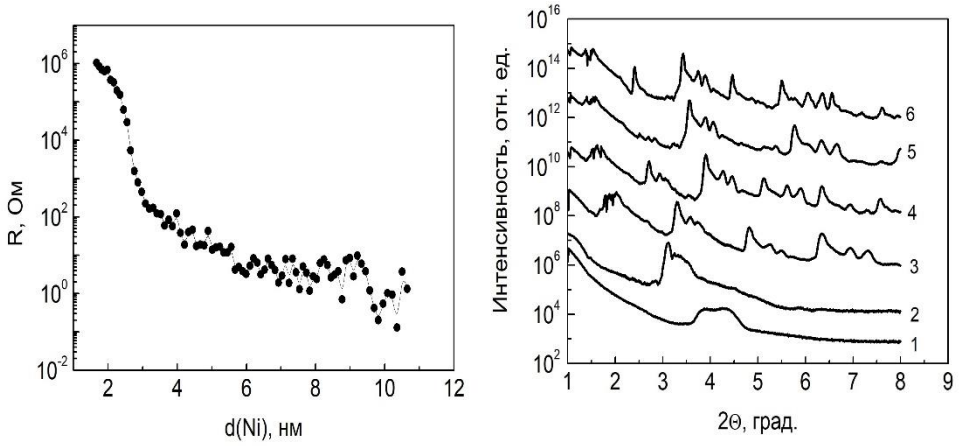


Рис. 1. Зависимость электрического сопротивления многослойной наноструктуры (Ni/ZrO2)45 от толщины одного слоя никеля. Рис. 2 – Малоугловая рентгеновская рефлектометрия многослойных наноструктур (Ni/ZrO_2)45 с различной толщиной никеля:1 – 1,5 нм,2 – 2,5 нм,3 – 3,5 нм,4 – 4,5 нм,5 – 6 нм, 6- 7,5 нм.

Результаты малоугловой рентгеновской рефлектометрии, полученные для многослойных наноструктур (Ni/ZrO2)45 с номинальной толщиной никеля от 1,5 до 3 нм (рис. 2, кривые 1, 2), подтверждают отсутствие сплошных слоёв никеля. На зависимостях присутствует один пик, который смещается в сторону меньших углов при увеличении толщины «дискретного» слоя никеля. При толщине слоя никеля 3,5 нм и более на малоугловых рефлектограммах появляется серия периодических максимумов (рис. 2, кривые 3 – 6), что соответствует многослойной периодической структуре (слои никеля – сплошные). При этом, механизм электропереноса через многослойную структуру меняется с прыжкового на металлический, что хорошо согласуется с низкими значениями электросопротивления в образцах, находящихся за «порогом перколяции» (R < 100 Ом).

1. Гриднев С. А. Нелинейные явления в нано- и микрогетерогенных системах / С. А. Гриднев, Ю. Е. Калинин, А. В. Ситников, О. В. Стогней. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ ДИОКИДА ТИТАНА, ДОПИРОВАННОЙ ИТТРИЕМ

Смирнов Н.О.[1], Звонарёв С.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: nikolai_sm1996@mail.ru

LUMINESCENT PROPERTIES OF TITANIUM DIOXIDE CERAMICS DOPED WITH YTTRIUM

Smirnov N.O.[1], Zvonarev S.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Samples of titan dioxide ceramics doped with yttrium were made. The dependence of luminescent properties on synthesis parameters of samples was analyzed.

В настоящее время известно большое количество областей науки и техники, где используется керамика на основе диоксида титана (IV), в том числе и его люминесцентные свойства [1]. Свойства синтезированной керамики напрямую зависят от условий синтеза. Для управления характеристиками получаемых материалов на основе TiO_2 применяется введение примесей (допирование), которое позволяет, изменять физические свойства керамики, а именно, люминесцентные характеристики. В этой связи целью данной работы является изучение влияния параметров и режимов синтеза TiO_2 с иттрием на изменение люминесцентных свойств материала.

Образцы цилиндрической формы были изготовлены методом холодного прессования на механическом прессе при давлении 312 МПа из порошка TiO_2 (чистота: осч (99,8% основного вещества)). Сушка полученных компактов проходила в воздушной среде при температуре 600 °С. Допирование выполнялось путём пропитки образцов в растворе кристаллогидрата $Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ (чистота: 98,3% основного вещества) при комнатной температуре в течение 1 часа. После допирования проводился отжиг образцов в течение 1 часа при температуре 1200 °С в вакууме (10-2Па).

В качестве примера на рисунке 1 представлены кривые термолюминесценции (ТЛ) керамики диксида титана, допированной иттрием с концентрацией ионов допанта в растворе 1 и 16 масс. % и отожженной в вакууме при температуре 1200 °С.

Кривые ТЛ измерены после возбуждения 10 импульсами электронного пучка энергией 130 кэВ, длительностью 2 нс и эквивалентной дозой 1,5 кГр. Нагрев образца производился до 450 °С со скоростью 2°С/с. ТЛ регистрировалась на установке, оснащенной фотоумножителем HAMAMATSU H10722, который чувствителен в спектральном диапазоне от 230 до 700 нм.

Как видно из рисунка 1, при увеличении содержания иттрия в растворе с 1 до 16 масс. %, регистрируется почти двукратное увеличение ТЛ интенсивности пика с максимумом при 180 – 200 °С. При этом происходит сдвиг пика кривой термовысвечивания в низкотемпературную область, что может говорить о появлении новых дефектов в результате синтеза комплексной керамики. Также следует отметить, что недопированный образец TiO_2 в данном диапазоне температур не люминесцирует.

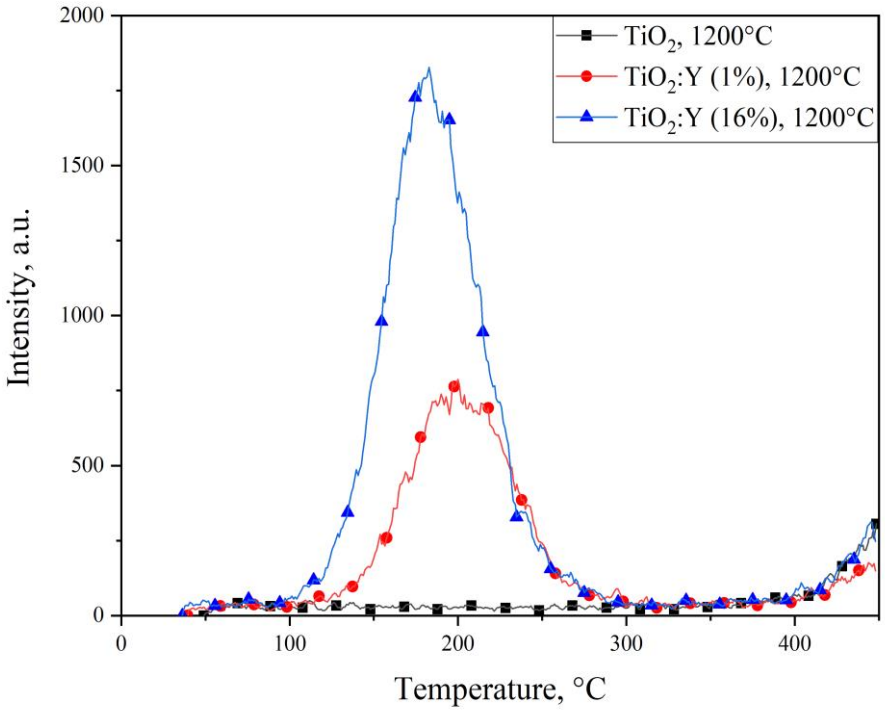


Рис. 1. ТЛ образцов керамики TiO_2:Y

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-72-10082).

1. F.Tariq, N. ur Rehman, N. Akhtar, R. E. George, Y. Khan and S. ur. Rahman, Vacuum 108999, 1-6 (2019).

NEURAL NETWORK AGENT PLAYING SPIN HAMILTONIAN GAMES ON A QUANTUM COMPUTER

Sotnikov O.M.[1], Mazurenko V.V.[1]

[1)] Theoretical Physics and Applied Mathematics Department, Ural Federal University, 620002 Ekaterinburg, Russia
E-mail: oleg.sotn@gmail.com

We develop an autonomous agent effectively interacting with noisy quantum computer to solve magnetism problems. By using the reinforcement learning the agent is trained to find the best-possible approximation of a spin Hamiltonian ground state from self-conducted experiments on quantum devices.

Within a reinforcement learning approach an agent taking some actions interacts with environment, receives feedback, estimates rewards and corrects its actions to increase a future reward. Reinforcement learning techniques have been actively developed and implemented in such a new field of research as quantum computing, in particular for quantum-error-correction systems [1]. It is important to note that only a few of these algorithms were tested on real quantum devices.

Motivated by recent results of Google DeepMind team [2] obtained for classic Atari games in this work we develop and practically implement a reinforcement learning scheme for approximating the ground states of spin Hamiltonians on quantum computers. We follow a distinct logic and consider a spin Hamiltonian problem as a game with the following rules. Starting with a random quantum state a player performs several quantum actions and measurements to get the best score that means the lowest energy and, as a result, the best approximation of the spin Hamiltonian ground state. To play this game we develop a multi-neural-network agent that determines a sequence of quantum gates for a short quantum circuit. In contrast to previous approaches [3, 4], which faced problems originating from the decoherence and gate errors, we do not use a fixed sequence of quantum gates, and at each iteration the agent chooses a new gate for quantum circuit depending on the current state of a quantum device on the basis of the calculated correlation functions. During the training process the agent writes short quantum programs and runs them on a simulator with noise. Having trained the agent on the quantum simulator by using the developed reinforcement learning technique we demonstrate its performance on real IBM Quantum Experience devices.

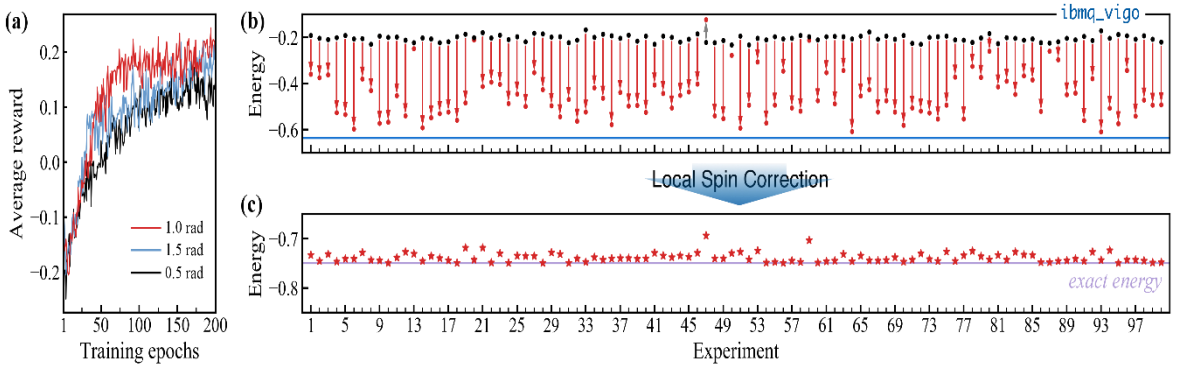


Fig. 1. (a) The average reward achieved per circuit on the quantum simulator with noise for different elementary rotation angles. (b) Performance of the trained agent demonstrated in experiments on the IBM Q Vigo device. (c) Ground state energies obtained on the real device after local moment correction.

Figure 1 (a) shows that the average reward during training process achieve saturation value within 100 epochs for reasonably chosen training parameters in case of antiferromagnetic Heisenberg dimer. Using trained agent, we performed a number of experiments on real quantum device (IBM Q Vigo) which are presented in Fig. 1 (b). Each red arrow denotes the lowering of energy with the circuits built by the agent in a particular experiment. Blue line indicates the average energy obtained with known singlet state quantum circuit on the real device showing the best possible ground state energy approximation on this device. To compensate the decoherence we use local spin correction procedure derived from a general sum rule for spin-spin correlation functions of a quantum system with even number of antiferromagnetically-coupled spins in the ground state. The resulting ground state energies for each experiment are shown in Fig. 1 (c) which are close to exact solution of the problem.

We also made qualitative comparison of the developed method with quantum variational approach which is available in full text of the research [5].

This work was supported by the Russian Science Foundation, Grant No. 18-12-00185.

1. T. Fösel, P. Tighineanu, T. Weiss and F. Marquardt, Phys. Rev. X 8, 031084 (2018).
2. V. Mnih, K. Kavukcuoglu, D. Silver, et al., Nature 518, 529 (2015).
3. S. Lloyd, Science, 273, 1073, (1996).
4. A. Kandala, A. Mezzacapo, K. Temme, et al., Nature 549, 242 (2017).
5. O. M. Sotnikov and V. V. Mazurenko, arXiv:1904.02467.

ПАРАМЕТРЫ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В НАНОСТРУКТУРИРОВАННОМ ПОРОШКЕ h-BN

Спиридонов Д.М.[1], Хинайш А.М.А.[2], Мартемьянов Н.А.[1], Вохминцев А.С.[1], Вайнштейн И.А.[1, 3]

[1)] Уральский федеральный университет, НОЦ НАНОТЕХ, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Университет Танта, г. Танта, Египет
[3)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: d.m.spiridonov@urfu.ru

PHOTOLUMINESCENCE PARAMETERS IN H-BN NANOSTRUCTURED POWDER

Spiridonov D.M.[1], Henaish A.M.A.[2], Martemianov N.A.[1], Vokhmintsev A.S.[1], Weinstein I.A.[1, 3]

[1)] NANOTECH Centre, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Tanta University, Tanta, Egypt
[3)] Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Nanostructured powder h-BN was studied. PL intensity dependences were analyzed upon excitation in 200-280 nm and emission in 290-600 nm. Spectral parameters of investigated processes were evaluated. The origin of optically centers responsible for observed PL emission was discussed.

Гексагональный нитрид бора относится к слоистым графитоподобным материалам, для которых в последнее десятилетие ведутся активные исследования по созданию функциональных двумерных структур для применений в задачах твердотельной наноэлектроники. Настоящая работа посвящена изучению спектров фотолюминесценции (ФЛ), возбужденной УФ излучением в нанопорошках h-BN с различным содержанием углеродных и кислородных примесей.

Исследования проведены для порошка h-BN компании Hongwu International Group Ltd., Гонконг. По данным производителя, основными примесями в нем являются углерод и кислород, суммарная концентрация которых не превышает 0.5 вес. %. Регистрация спектров ФЛ осуществлялась при помощи спектрометра LS 55 фирмы Perkin Elmer, работающего в режиме фосфоресценции. Для измерений была выбрана спектральная область 290-600 нм.

В ходе работы получены 3D зависимости интенсивности ФЛ при возбуждении в диапазоне 200-280 нм и регистрации свечения в области 290-600 нм. Показано, что эмиссия в нанопорошках h-BN может быть представлена суперпозицией трёх независимых полос гауссовой формы. При этом для спектров возбуждения ФЛ характерны 4 максимума. Проведена оценка параметров оптически активных центров, ответственных за наблюдаемое свечение, обсуждается их природа и возможные механизмы участия в процессах формирования радиационно-стимулированного отклика гексагонального нитрида бора.

Исследование выполнено за счет гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-32-00550). Также данная работа поддержана Актом 211 Правительства Российской Федерации, контракт № 02.A03.21.0006.

1. Vokhmintsev A.S., Weinstein I.A., Minin M.G., Shalyakin S.A., Radiation Measurements, 124, 35 (2019)
2. Vokhmintsev A.S., Weinstein I.A., Zamyatin D.A., Journal of Luminescence, 208, 363 (2019)
3. Spiridonov D.M., Henaish A.M.A., Shalyakin S.A., Vokhmintsev A.S., Weinstein I.A., Journal of Physics: Conference Series, 1115, 5, 052025 (2018)

STOCHASTIC MODIFICATION OF THE MPFC MODEL

Starodumov I.[1], Alexandrov D.[1], Galenko P.[1, 2], Nizovtseva I.[1, 2], Ivanov A.[1]

[1)] Laboratory of Multi-Scale Mathematical Modeling, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Friedrich-Schiller-Universitat Jena, Physikalisch-Astronomische Fakultat, Jena, Germany
E-mail: ilya.starodumov@urfu.ru

The mathematical modeling of crystal structures and their dynamics during the structural transitions can be performed by the method of phase field crystal in the hyperbolic formulation (MPFC method). We propose the stochastic extension of MPFC-model to find the effect of atomic fluctuations.

The mathematical modeling of crystal structures and their dynamics during the structural transitions can be performed by the method of phase field crystal in the hyperbolic formulation (MPFC method). The model can be considered from the Swift-Hohenberg equation and the Density Functional Theory. This method is suitable for a continual modeling of the atomic density field at diffusion time intervals. The unstable behavior of the solution near local energy minima is discussed.

The authors propose the hypothesis of the formation of metastable structures during the relaxation of domain to the stable state. Due to the presence of the set of different possible structures on the system's transformation path, the pattern of the atomic density field could remain still when the system is in the vicinity of local free energy minima [1,2].

To perform reliable simulations, one should take into account the factors leading to the appearance of instability. Special additional term for describe atomic vibrations in the field of atomic density should allow the system to come out of metastable states and increase the rate of formation of equilibrium and stable states consistent with diagrams of structures. The approach of introducing the noise as a fluctuation effect developed for the WCT and mean-field theories may be utilized in the PFC model. The narrow approach of introducing the noise-terms in the stochastic hyperbolic phase-field models [3] could be used as a base for the physically-consisted fluctuations.

We propose the simple stochastic modification of hyperbolic PFC-model to find the effect of fluctuations on the dynamics of atomic density field. Results of simulations in presence and in lack of noise indicate that the moderate noise of the atomic density field amplitude could provide the quick relaxation.

Authors acknowledge the support by the Russian Science Foundation under the project no. 19-71-10044.

1. I. Starodumov, P. Galenko, N. Kropotin, D. V. Alexandrov, “Influence of initial seed distribution on the pattern formation of the phase field crystals” AIP Conference Proceedings, 1906, 200006 (2017).
2. I. Starodumov, D. Alexandrov, and E. Pavlyuk, “On the stability of high-performance crystal growth simulations by the MPFC method”, AIP Conference Proceedings, 1997, 020065 (2018).
3. D. Kharchenko, I. Lysenko, P. Galenko, “Fluctuation effects on pattern selection in the hyperbolic model of phase decomposition”, Stochastic Differential Equations, (2011).

ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПАЙКИ ТОКОВЕДУЩИХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Коган Л.Х.[1], Сташков А.Н.[1], Ничипурук А.П.[1], Щапова Е.А.[1], Суворин К.Д.[1,2]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: schapova@imp.uran.ru

EDDY CURRENT NDT OF SOLDERING CURRENT-CARRYING CONNECTIONS OF ELECTRICAL MACHINES

Kogan L.H.[1], Stashkov A.N.[1], Nichipuruk A.P.[1], Schapova E.A.[1], Suvorin K.D.[1, 2]

[1)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A two-frequency eddy current technique and an eddy current transducer with rectangular cutouts in a U-shaped core have been developed for determining the degree of soldering of current-carrying connections of the stator windings of power generators and high-power electromagnet conductive cables.

Для соединения частей токоведущих медных обмоток статоров гидро- и турбогенераторов и сверхпроводящих кабелей электромагнитов большой мощности между собой применяется пайка. Дефекты пайки (непропаи) могут приводить к чрезмерному разогреву токоведущих соединений и авариям на энергетических объектах. Актуальной проблемой остается контроль качества пайки токоведущих соединений физическими неразрушающими методами.

В работе ставились следующие задачи:

1) повысить достоверность контроля качества пайки и расширить номенклатуру контролируемых токоведущих соединений обмоток статоров гидро- и турбогенераторов за счет обеспечения возможности контроля пропаянности всех подлежащих пайке зон соединений;

2) разработать вихретоковую методику контроля, позволяющую обеспечить независимость определения качества пайки сверхпроводящих токоведущих соединений электромагнитов большой мощности от вариации их сечения, обусловленной несовершенством технологий их изготовления и пайки.

Для решения первой задачи был разработан новый тип вихретокового преобразователя с прямоугольными вырезами в сердечнике П-образного типа, что позволило позиционировать его на контролируемом паяном соединении и возбуждать вихревые токи в двух взаимно перпендикулярных направлениях и тем самым проводить контроль качества пайки в ранее недоступных зонах. Такой тип вихретокового преобразователя позволил повысить достоверность контроля и расширить номенклатуру контролируемых соединений [3].

Для решения второй задачи была разработана двухчастотная вихретоковая методика контроля качества пайки сверхпроводящих токоведущих соединений электромагнитов большой мощности. Преимуществом методики является независимость результата контроля от изменения сечения контролируемого соединения, неизбежно получающегося в результате его изготовления и технологии пайки. Измерения в предложенной методике проводят в два этапа с помощью разработанного вихретокового устройства ДПС-8, в котором используется преобразователь трансформаторного типа с П-образным сердечником. На первом этапе проводят измерения на высокой частоте, при этом показания вихретокового устройства зависят только от поперечного сечения контролируемого соединения и не зависят от степени пропаянности. На втором этапе проводят измерения на низкой (основной) частоте, на которой показания вихретокового устройства зависят как от пропаянности сверхпроводящих кабелей между собой, так и от внешнего сечения медного стабилизатора. Рассчитывают степень пропаянности контролируемого соединения с учетом площади его поперечного сечения, исходя из результатов измерения на двух частотах [4].

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России (тема «Диагностика», № г.р. АААА-А18-118020690196-3).

1. Коган Л.Х., Ничипурук А.П., Розенфельд Е.В., Худяков Б.А., Дефектоскопия, 4, 72 – 82 (2010).
2. Kogan L., Nichipuruk A., Savary F., Principe R., Datskov V., Rozenfel'd E., Khudjakov B., Insight, 12, 697-673 (2015).
3. Коган Л.Х., Сташков А.Н., Ничипурук А.П., Дефектоскопия, 11, 43-48 (2018).
4. Коган Л.Х., Сташков А.Н., Ничипурук А.П., Дефектоскопия, 9, 20-28 (2019).

ВУФ-ВОЗБУЖДЕНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В КВАРЦЕВОМ СТЕКЛЕ, ИМПЛАНТИРОВАННОМ ИОНАМИ РЕНИЯ 30 КЭВ

Столбиков Н.С.[1], Бирюков Д.Ю.[1], Зацепин А.Ф.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: stolbikovnikita@yandex.ru

VUV-EXCITATION OF LUMINESCENCE IN QUARTZ GLASS IMPLANTED WITH 30 KEV RHENIUM IONS

Stolbikov N.S.[1], Biryukov D.Yu.[1], Zatsepin A.F.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The photoluminescent properties of silica glass implanted with rhenium ions with an energy of 30 keV and a fluence of 10^{16} cm^{-2} were studied. Two types of oxygen-deficient centers were detected by photoluminescent VUV spectroscopy: ODC (I) and ODC (II). The efficiency of intracenter transitions at v

Для понимания и анализа новых свойств, возникающих в SiO_2 после имплантации ионами рения с энергией 30 кэВ, необходимо изучение особенностей электронной структуры и радиационно-индуцированных дефектов модифицированного материала. На рис. 1 представлены результаты исследования методом фотолюминесцентной спектроскопии при вакуумном ультрафиолетовом возбуждении.

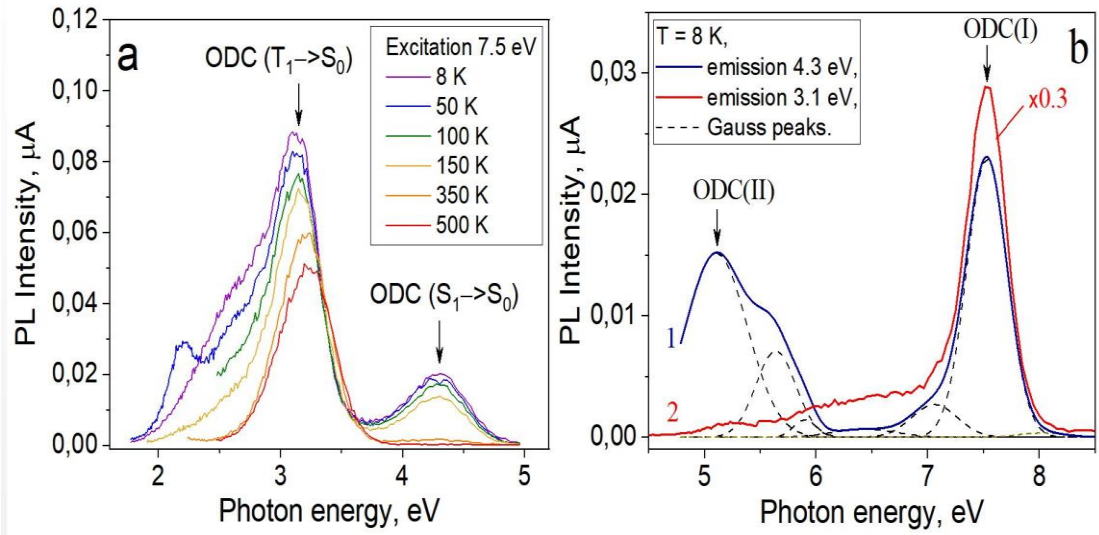


Рис. 1. Рисунок 1 – a) Спектры фотолюминесценции SiO_2:Re (10^{16} $см^{-2}$, 30 кэВ) при возбуждении 7.5 эВ, измеренные при различных температурах; b) спектры возбуждения ФЛ при энергиях регистрации 4.3 эВ (1), 3.1 эВ (2) и температуре 8 K; пунктиром показаны результаты разложения спектров на гауссовы составляющие

В спектрах фотолюминесценции кварцевого стекла, имплантированного ионами рения с флюенсом 10^{16} $см^{-2}$ (рис. 1a) регистрируются селективные

эмиссионные максимумы 3.1 и 4.3 эВ, которые связаны соответственно с триплет-синглетной и синглет-синглетной люминесценцией кислородно-дефицитных центров ODC [1, 2]. С ростом температуры наблюдается тушение люминесценции, проявляющееся в виде снижения интенсивности полос. Данное явление обусловлено возрастанием эффективности безызлучательных внутрицентровых переходов, вероятность которых по закону Больцмана увеличивается с ростом температуры.

Для интерпретации обнаруженных центров свечения были измерены спектры возбуждения ФЛ при регистрации квантов света 3.1 и 4.3 эВ (рис. 1b). В указанных спектрах, методом гауссового разложения выделены полосы 5.08, 5.6, 6, 7.1 и 7.5 эВ. Полоса возбуждения ФЛ 5.08 эВ связана с кислородно-дефицитными центрами ODC (II), которые относятся к двухкоординированному атому кремния, а свечение при возбуждении 7.5 эВ обусловлено нейтральной кислородной вакансией ODC(I) [1]. Таким образом можно сделать вывод, что полосы ФЛ 3.1 и 4.3 эВ не являются элементарными и содержат в себе составляющие свечения как ODC(I), так и ODC(II).

Анализируя спектр возбуждения легко видеть, что люминесценция 3.1 эВ гораздо эффективнее возбуждается фотонами с энергией 7.5 эВ, в то время как полоса возбуждения 5.08 эВ более ярко выражена при регистрации квантов света с энергией 4.3 эВ. Это свидетельствует о том, что с возбужденного состояния ODC 7.5 эВ безызлучательные переходы на триплетное состояние (3.1 эВ) происходят более эффективно, чем на синглетное 4.3 эВ. Вместе с тем при возбуждении ODC фотонами с энергией 5.08 эВ синглетные и триплетные люминесцирующие состояния кислородно-дефицитных центров заполняются примерно с одинаковой эффективностью.

Проведённые исследования подтверждают перспективность изменения электронно-оптических свойств SiO_2 путём ионно-лучевой модификации их локальной атомной и электронной структуры, а также возможность анализа модифицированных материалов методами фотолюминесцентной спектроскопии.

1. Skuja L. J. Non-Cryst. Solids, 239, 16–48 (1998)
2. Марченко В. М. Физика и Химия стекла, 21, №4, 359–372 (1995)

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЁНОК Cu(In, Ga)Se_2 ЭЛЕКТРОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ 10 МэВ НА СПЕКТРЫ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

Сулимов М.А.[1, 2], Сарычев М.Н.[2], Могильников И.А.[1], Иванов В.Ю.[2], Живулько В.Д.[4], Бородавченко О.М.[4], Мудрый А.В.[4], Якушев М.В.[1, 2, 3]

[1)] Институт физики металлов имени М. Н. Михеева УрО РАН, Екатеринбург, Россия
[2)] УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
[3)] Институт химии твёрдого тела УрО РАН, Екатеринбург, Россия
[4)] НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, Минск, Беларусь
E-mail: sulimov.m.a@gmail.com

INFLUENCE OF IRRADIATION OF Cu(In, Ga)Se_2 THIN FILMS BY 10 MeV ELECTRONS ON PHOTOLUMINESCENCE SPECTRA

Sulimov M.A.[1, 2], Sarychev M.N.[2], Mogilnikov I.A.[1], Ivanov V.Yu.[2], Zhivulko V.D.[4], Borodavchenko O.M.[4], Mudryi A.V.[4], Yakushev M.V.[1, 2, 3]

[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics UB RAS, Ekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[3)] Institute of Solid State Chemistry of Ural Branch of the RAS, Ekaterinburg, Russia
[4)] Scientific-Practical Material Research Centre of the National Academy of Science of Belarus, Minsk, Belarus

Thin films of Cu(In,Ga)Se_2 on Mo coated glass substrates were studied by photoluminescence (PL) technique before and after irradiation with a dose of $1.8 \cdot 10^{15}$ cm^{-2} of 10 MeV electrons to determine the nature of radiation defects in Cu(In,Ga)Se_2.

В последние годы активно ведутся исследования новых материалов для фотовольтаики. Одним из таких перспективных материалов является Cu(In,Ga)Se_2 (CIGS) — полупроводниковое соединение, которое используется в качестве поглощающего слоя в тонкоплёночных солнечных фотоэлементах. Помимо рекордной для тонкопленочных солнечных батарей с одним p-n переходом эффективности преобразования солнечного света 22.6% [1] данное соединение обладает чрезвычайно высокой радиационной стойкостью по сравнению с другими полупроводниковыми материалами, применяемыми для поглощающего слоя солнечных батарей. В то время как для солнечных фотоэлементов на основе Si и GaAs при облучении электронами больших энергий наблюдается деградация электрических характеристик, для фотоэлементов на основе CIGS электрические характеристики не меняются [2]. Радиационная стойкость солнечных фотоэлементов на основе CIGS к протонам больших энергий более чем в 50 раз выше, чем для фотоэлементов на основе Si и GaAs [2]. Однако физические причины такой стойкости во многом не изучены. Также интерес представляют процессы, происходящие в материале под воздействием облучения высокоэнергетическими

электронами, физика которых до конца не ясна. Необходимы дальнейшие исследования природы образующихся радиационных дефектов.

Ранее было отмечено, что облучение протонами солнечных фотоэлементов на основе CdTe [3] и электронами фотоэлементов на основе Cu_2ZnSnS_4 [4] приводит к улучшению электрических характеристик. В настоящей работе для анализа изменений использовался метод фотолюминесценции (ФЛ) – один из наиболее чувствительных методов, применяемый для анализа электронных и оптических свойств полупроводников.

Тонкие пленки $Cu(In,Ga)Se_2$ толщиной 1.5 мкм были синтезированы методом соиспарения Cu, In, Ga и Se на стеклянную подложку, покрытую слоем молибдена [5]. Данные пленки были облучены электронами с энергией 10 МэВ в течение 3 минут с дозой $1.8 \cdot 10^{15}$ см$^{-2}$ в жидком азоте. Измерения спектров ФЛ проводилось в жидком азоте непосредственно сразу после облучения, а также после нагрева образцов до комнатной температуры. На рисунке 1 представлено сравнение спектров ФЛ тонких плёнок $Cu(In,Ga)Se_2$ до и после облучения электронами.

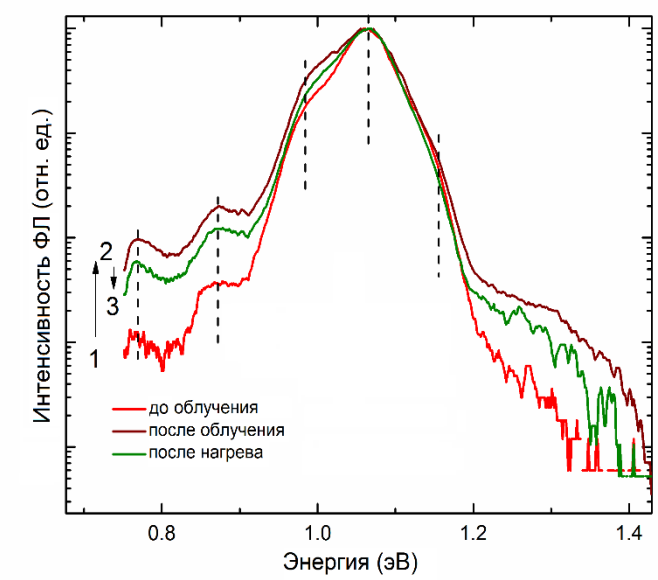


Рис. 1. Нормированные спектры ФЛ тонких плёнок $Cu(In,Ga)Se_2$ до облучения (1), после облучения (2) и после нагрева до комнатной температуры (3)

Облучение привело к увеличению относительной интенсивности низкоэнергетических полос ФЛ, которые обусловлены излучательной рекомбинацией неравновесных носителей заряда на дефектах.

После облучения уменьшилась абсолютная интенсивность ФЛ из-за образования безызлучательных дефектов, действующих как глубокие ловушки. При дальнейшем нагреве тонких плёнок до комнатной температуры интенсивность люминесценции снова возрастает, что, вероятно, вызвано отжигом радиационных дефектов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект № 17-12-01500).

1. P. Jackson, R. Wuerz, D. Hariskos, E. Lotter, W.Witte, M. Powalla, Physica Status Solidi RRL 10, 583 (2016)
2. A. Jasenek, U. Rau, J. Appl. Phys. 90, 650 (2001)
3. D.L. Batzner, A. Romeo, M. Terheggen, M. Dobeli, H. Zogg, A.N. Tiwari, Thin Solid Films, 451, 536 (2004)
4. M. Sugiyama, S. Aihara, Y. Shimamune, H. Katagiri, Thin Solid Films, 642, 311 (2017)
5. B. Dimmler, M. Powalla, H. W. Schock, Prog. Photovolt. Res. Appl. 10, 149 (2002)

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОТРУБОК ДИОКСИДА ТИТАНА ДЛЯ СИНТЕЗА НОВЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ

Дорошева И.Б.[1, 2, 3], Сушникова А.А.[1, 2], Валеева А.А.[1, 3], Рempель А.А.[1, 2, 3]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург
[3)] Институт химии твердого тела УрО РАН, Екатеринбург
E-mail: sushnikova.ann@gmail.com

PRODUCING METHOD OF TITANIUM DIOXIDE NANOTUBES FOR NEW DRUG ORGANIC MOLECULES SYNTHESIS

Dorosheva I.B.[1, 2, 3], Sushnikova A.A.[1, 2], Valeeva A.A.[1, 3], Rempel A.A.[1, 2, 3]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metallurgy, Ural Branch of the RAS, Yekaterinburg, Russia
[3)] Institute of Solid State Chemistry, Ural Branch of the RAS, Yekaterinburg, Russia

The nanotubular films of titanium dioxide were grown by anodization of titanium foil using an original technique. The sample was subsequently annealed at 350 °C to obtain an anatase phase. Certification of samples was carried out by the method of XRD, SEM and BET.

В последнее десятилетие наноструктурированный диоксид титана TiO_2 привлекает все большое внимание исследователей по всему миру в связи с перспективой его использования в качестве фотокатализатора для синтеза органических молекул с высокой эффективностью в соответствии с принципами зеленой химии [1, 2]. Наноструктурированный диоксид титана TiO_2 является нетоксичным, экологически безопасным, экономически доступным и эффективным функциональным материалом с широкой областью использования: окисления вредных органических веществ и синтеза новых органических молекул в видимом и ультрафиолетовом диапазоне света. Ранее [2] были проведены исследования наночастиц TiO_2 для фотокатализатора, активного в реакциях дегидрогенативного кросс-сочетания, и удалось получить высокую долю выхода продукта реакции. Однако, использование нанотрубок с развитой поверхностью, возможно, позволит улучшить достигнутые результаты. В связи с этим, целью работы являлось

получение нанотрубок диоксида титана для дальнейшего использования их в качестве фотокатализатора при синтезе новых лекарственных органических молекул.

Нанотубулярный диоксид титана был синтезирован методом анодирования титановой фольги в потенциостатическом режиме в течение 60 минут при напряжении 60 вольт с поддержанием температуры электролита на уровне 20 °C на установке Digma. В качестве электролита был использован фторсодержащий раствор этиленгликоля с добавлением воды в пропорции NH_4F : $H_2O_{дист}$: $C_2H_6O_2$ = 1 : 2 : 98 по массе. Все химические реагенты имели класс чистоты ЧДА. Полученные нанотрубки были механически отделены от титановой подложки и отожжены в муфельной печи SNOL при 350 °C в течение 60 минут для получения кристаллической фазы анатаза.

Рентгенофазовый анализ полученных нанотрубок TiO_2 был выполнен в CuKα1,2 излучении на автодифрактометре Shimadzu XRD-7000. Рентгенограммы снимались в режиме пошагового сканирования с $\Delta(2\theta) = 0.03°$ в интервале углов 2θ от 10° до 80° с высокой статистикой. Удельная площадь поверхности образцов была измерена с использованием анализатора Gemini VII 2390 с предварительной дегазацией при 120 °C. Исследование морфологии нанотрубок было выполнено на растровом электронном микроскопе SIGMA VP (CarlZeiss).

Диффузное гало на рентгенограмме и отсутствие ярко выраженных пиков синтезированных нанотрубок диоксида титана подтверждает аморфность полученной структуры диоксида титана. Только отжиг обеспечивает переход диоксида титана в кристаллическую фазу анатаза. Удельная площадь поверхности синтезированных нанотрубок составляет 14 $м^2/г$ и увеличивается до 54 $м^2/г$ при переходе в фазу анатаза.

Используемые условия синтеза позволяют получать толстые пленки диоксида титана (до 6 мкм), сохраняя при этом нанометровый размер диаметра трубок. Данная толщина оксидного слоя достаточна для ее беспрепятственного механического отделения от титановой фольги и последующего использования в качестве фотокатализатора в реакциях дегидрогенативного кросс-сочетания.

Работа поддержана проектом РФФИ № 20-03-00299а.

1. Valeeva, A.A., Kozlova, E.A. et. al., Scientific Reports, 8(1), 9607 (2018)
2. Dorosheva, I.B., Rempel, A.A., et. al., Inorganic Materials, 55(2), 155-161 (2019)

РАДИОПОГЛОЩАЮЩИЕ СВОЙСТВА ТОНКОПЛЕНОЧНОГО НАНОКОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ $(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_x(SiO_2)_{100-x}$ С РАЗЛИЧНЫМ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ

Тарасова О.С.[1], Клапанов А.В.[1], Филатов М.С.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет
E-mail: oksanchik2603@mail.ru

THE RADIO-ABSORBING PROPERTIES OF A THIN-FILM NANOCOMPOSITE COATING $(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_x(SiO_2)_{100-x}$ WITH DIFFERENT SPATIAL DISTRIBUTION

Tarasova O.S.[1], Klapanov A.V.[1], Filatov M.S.[1]
[1)] Voronezh State Technical University

Two types of functional structures with different spatial distribution of the composite film $(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_x (SiO_2)_{100-x}$ were obtained and studied. When changing the parameters of the coatings absorbing electromagnetic radiation, one can vary the magnitude and absorption spectrum.

Разработка структур защиты, экранирования и поглощения электромагнитного излучения (ЭМИ) является довольно сложной задачей, как с теоретической, так и с практической точки зрения. К системам защиты от ЭМИ предъявляются серьезные требования, что обуславливает целый комплекс задач, решение которых позволит создать защитные покрытия широкой области применения. Такие решения включают в себя использование не только специальных материалов и покрытий, но и конструкционных элементов (строительные или технические), учет электродинамических свойств окружающей среды и т.д.

Материалы, поглощающие электромагнитное излучение должны соответствовать двум основным требованиям, согласование импеданса свободного пространства и внешнего слоя поглотителя и максимальное затухание электромагнитного излучения при прохождение сквозь материал [1].

Для проведения всестороннего исследования свойств и параметров покрытий, поглощающих электромагнитное излучение, в данной работе было получено 2 вида функциональных структур с различным пространственным распределением композиционной пленки. Первым видом пространственно структурированного материала была стеклоткань с рисунком плетения полотна, равномерный квадрат. Второй вид пространственного распределения композиционной пленки, это квазифрактальная топология поверхности функциональной структуры на основе частотно-избирательных решеток, подложкой для которой служит лавсан.

В данной работе для экспериментального исследования образцов было проведено измерение параметра S11 (отражение) с помощью рупорной антенны. Измерение проводилось с различной толщиной воздушного зазора между рупором и образцом (от 2 до 12 мм).

При отсутствии воздушного зазора между измеряемым материалом и отражающей поверхностью, поглощение имеет небольшие значения и проявляется в высокочастотном диапазоне, как для образца на стеклоткани, так и для лавсанового образца. Наличие воздушной прослойки существенно увеличивает значения коэффициента S11 до 20dB и сдвигает спектр поглощения в низкочастотную область. Надо отметить, что спектр поглощения имеет широкий диапазон частот от 2,5 до 10 ГГц. Поглощающая способность стеклотекстолитовых образцов сильно зависит от толщины воздушного зазора между функциональным покрытием и отражающей поверхностью, как и в образцах на лавсановой поверхности, что может свидетельствовать о электродинамическом характере взаимодействия электромагнитной волны и подложки. Совмещение структур с различной топологией поверхности (стеклотканевая подложка и квазифрактальная лавсановая подложка) существенно сдвигает спектр поглощения в низкочастную область.

Проведенные исследования показали, что при изменении параметров покрытий поглощающих электромагнитное излучение (состав пленки композита, структура поверхности подложки, расстояние от подложки до отражающей подложки) можно варьировать величиной и спектром поглощения в гигогерцовом диапазоне частот.

Работы была выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-42-363011 р_мол_а

1. O. S. Tarasova, Yu. E. Kalinin, A. V. Sitnikov, Yu. G. Pasternak, A. B. Granovskiy, A. D. Mishin, K. N. Rozanov, V. I. Chuguyevskiy, AIP Conf. Proc. Vol. (2015), P.020101-1–020101-5.

THE EXPERIMENTAL OBSERVATION OF STRAIN-PHOTON COUPLING FOR MAGNETOSTRICTIVE MAGNETICS

Telegin A.V.[1], Sukhorukov Yu.P.[1], Bessonova V.A.[1]

[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics UB of RAS
E-mail: telegin@imp.uran.ru

A new emerging branch of spintronics – strain-magnetooptics has been created due to a direct observation of correlation between magnetoelastic properties and absorption of unpolarized light in the infrared range in $CoFe_2O_4$ single crystals with high magnetostriction.

The interaction between strain and spin has received intensive attention in the scientific community due to its abundant physical phenomena and huge technological impact. For example, straintronics demonstrates a fundamentally new way to control electronics at the nanoscale [1]. The straintronics` materials usually explore the change of their magnetostrictive properties via magnetic-field-induced mechanical deformations. On the other hand, optical reflection and absorption in magnetics are also sensitive to magnetic field and stresses [2]. To explore the coupling between straintronics and optics, we studied the influence of magnetic field on the magnetooptical properties of a ferrimagnetic $CoFe_2O_4$ possessing high magnetostriction constants (about 6×10^{-4}) at room temperature.

The $CoFe_2O_4$ single crystals were grown by the floating zone melting with radiation heating. The magnetostrictive, magnetic and optical properties were measured for (001) oriented plate-shaped samples with in-plane typical dimensions of 10×10 mm^2 and thickness of d = 400 μm in a magnetic field up to 4 kOe applied in-plane to the crystal surface.

The direct correlation between the magnetoreflection and magnetotransmission of natural light in the IR range with magnetostriction of a magnetic was shown for the single-crystal of $CoFe_2O_4$ [3, 4]. This correlation is confirmed by the similarity of the field behavior of effects at different orientations of magnetization with respect to crystal axes. The mechanisms of magnetotransmission, magnetoreflection of light and magnetorefractive effect in spinel connected with the magnetic-field-induced mechanical deformation of spinel crystal were revealed. It was also shown that the effect of the magnetic field on the optical properties of spinel is indirect: the magnetic field strongly affects the crystal lattice, which in turn leads to the changes in the absorption and reflection spectra. The contribution of traditional Faraday rotation on the magnetotransmission effect in the IR range is quite small [5].

The revealed mechanism of new infrared magnetooptical effects in magnetostrictive magnetics paves the way towards new area called as a strain-magneto-optics.

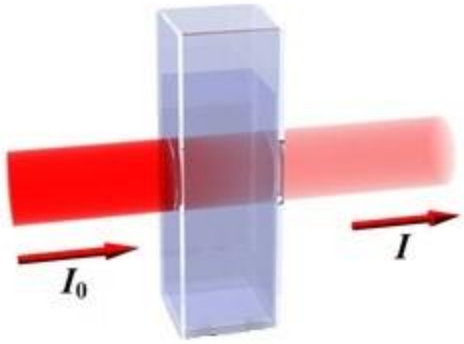


Fig. 1. The field dependences of magnetostriction (top), magnetotransmission (left bottom) and magnetoreflection (right bottom) of light at wavelength 3 mkm for the ferrite crystal at room temperature.

This work was supported by the program No. AAAA-A18-118020290104-2 "Spin" and in part by the program No. 18-10-2-37.

1. Roy K., Bandyopadhyay S., Atulasimha J., Appl. Phys. Lett., 99, 063108 (2011).
2. Telegin A.V., Sukhorukov Yu.P. et al. JMMM, 383, 104 (2015).
3. Sukhorukov Yu.P., TeleginA.V., Bebenin N.G., et al. Sol. State Comm., 263, 27 (2017).
4. Sukhorukov Yu.P., TeleginA.V., Bebenin N.G., et al. JETP Letters, 108, 482018 (2018).
5. Telegin A.V., Sukhorukov Yu.P., Bessonov V.D., Naumov S.V. Tech. Phys. Lett., 45, 601 (2019).

МИКРОМАГНИТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕЗОНАНСНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ НАМАГНИЧЕННОСТИ В НАНОРАЗМЕРНЫХ МАГНИТНЫХ ПЛЕНКАХ

Теплов В.С.[1], Бессонов В.Д.[1], Баталов С.В.[1, 2], Телегин А.В.[1]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: st.valintaine@gmail.com

MICROMAGNETIC MODELING OF THE RESONANT MAGNETIZATION EXCITATION PROCESSES IN NANOSCALE MAGNETIC FILMS

Teplov V.S.[1], Bessonov V.D.[1], Batalov S.V.[1, 2], Telegin A.V.[1]

[1)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences
[2)] Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin»

This paper considers the method of spin waves nonlinear amplification by phase locking exictation feild with low amplitude in YIG film performed by micromagnetic modeling with MuMAX3 software. It is shown that the excited magnetization precession has a threshold dependence on the chirp rate.

С развитием электронных вычислительных систем численное моделирование стало мощным теоретическим методом исследования и предсказания физических свойств известных и новых материалов. Для моделирования магнитных систем с динамически изменяющейся намагниченностью успешно применяется микромагнитный подход и методы GPU-ускорения расчетов на видеоядре системы [1] .

В работе данный подход использовался для моделирования эффекта нелинейного авторезонансного возбуждения намагниченности наноразмерных пленок железо-иттриевого граната (ЖИГ) слабым магнитным полем. Данное явление в магнетиках было теоретически предсказано в работах [2, 3] и представляет собой управление динамической намагниченностью системы с помощью малого по амплитуде (несколько эрстед) поля накачки за счёт захвата фазы собственных магнитных колебаний внешним полем. Однако предложенные аналитические уравнения для авторезонанса не учитывают ряд важных реальных условий, например: затухание, трехмерную геометрию образца, диполь-дипольное взаимодействие спинов, поверхностную анизотропию и т.д., что не позволяет прямо проверить теоретическую модель на практике.

Целью работы было моделирование численными методами в программной оболочке MUMAX3 условий возбуждения авторезонанса в пленке с учетом реальных физических параметров.

В качестве модели была выбрана пленка ЖИГ размером 1600x1600x160 нм. Согласно методике моделирования образец разбивался на отдельные элементы в виде прямоугольных ячеек, взаимодействие между которым учитывалось с помощью уравнения Ландау-Лифшица. В качестве материальных параметров пленки использовались табличные данные. Так как ЖИГ обладает минимальным среди магнетиков уровнем затухания магнитной подсистемы, что обеспечивает устойчивость спин-волновых процессов, то на данном этапе был исключен затухающий член в уравнении Ландау-Лифшица. Толщина пленки побиралась из условий возбуждения одномодовой спиновой волны и близости к реальным образцам.

В ходе расчетов, исходя из теории [2, 3], намагниченный вдоль оси легкого намагничивания до насыщения (H = 2 кЭ) образец возбуждался слабым поперечным полем h амплитудой 1 Ое. Далее подбиралась такая скорость изменения частоты поля накачки a (чирп), для которой наблюдается эффект резкого возрастания амплитуды магнитных колебаний в пленке до значений, соответствующих нелинейному режиму - эффект авторезонанса.

В результате работы впервые были получены условия для авторезонансного возбуждения намагниченности в трехмерной магнитной пленке численными методами [4, 5]. Для пленки ЖИГ толщиной 160 нм оптимальная скорость изменения возбуждающего магнитного поля h составила a - $4.3E^{16}$ c^{-2}. Согласно теоретическим оценкам, последовательный учет на дальнейших этапах моделирования магнитокристаллической анизотропии, диполь-дипольного взаимодействия и затухания в пленке ЖИГ позволит снизить величину a на несколько порядков, что позволит провести реальный эксперимент

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Спин» №АААА-А18-118020290104-2, при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-32-90014

1. A. Vansteenkiste, J. Leliaert, M. Dvornik, M. Helsen, F. Garcia-Sanchez // AIP Advances. – 2014. – Vol. 4. – P. 107133.
2. С.В. Баталов, А.Г. Шагалов. Физика металлов и металловедение, 2013, том 114, № 2, с. 115–119
3. С. В. Баталов, А. Г. Шагалов. Физика металлов и металловедение, 2010. Том 109, №1, 3-8 с.
4. V. S. Teplov, V. D. Bessonov, S. V. Batalov, A. V. Telegin. Micromagnetic modeling of autoresonance oscillations in yttrium-iron garnet films. Journal of Physics: Conference Series. 2019. V. 1389. P. 12141—12147.
5. V. S. Teplov, V. D. Bessonov. Micromagnetic modeling of magnetization autoresonance in yig thin films with induced uniaxial anisotropy. Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. 2018. V. 6. P. 222—228.

МАГНИТНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ И МАГНИТНЫЙ ГИСТЕРЕЗИС В АНТИФЕРРОМАГНИТНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ $Fe_{0.5}TiS_{2-y}Se_y$

Терещенко А.А.[1], Овчинников А.С.[1, 2], Баранов Н.В.[1, 2],
Селезнева Н.В.[1], Синицын Вл.Е. [1]

[1)] Институт естественных наук и математики УрФУ, г. Екатеринбург
[2)] Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург
E-mail: tenxor@mail.ru

MAGNETIC PHASE TRANSITIONS AND MAGNETIC HYSTERESIS IN THE ANTIFERROMAGNETIC COMPOUNDS FE0.5TIS2−YSEY

Tereshchenko A.A.[1], Ovchinnikov A.S.[1, 2], Baranov N.V.[1, 2],
Selezneva N.V.[1], Sinitsyn Vl.E. [1]

[1)] Institute of Natural Science and Mathematics, Ural Federal University, Ekaterinburg 620002, Russia
[2)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Russian Academy of Science, 620108 Ekaterinburg, Russia

It has been shown, that magnetoelastic interactions may be responsible for the formation of the metastable field-induced high-coercive FM state in the Ising-type antiferromagnets.

Дихалькогенидные соединения IV-VI группы MX2 (M – переходный металл, X – халькоген) со слоистой кристаллической структурой известны как исходные соединения для большого семейства объектов с новыми интересными физическими и химическими свойствами и перспективой различных применений, что мотивирует дальнейшие исследования этих систем с фундаментальной и практической точек зрения [1]. Нейтронные порошковые исследования, измерения намагниченности и магнитосопротивления, выполненные на образце $Fe_{0.5}TiS_2$, показали, что это соединение обнаруживает антиферромагнитный порядок ниже температуры Нееля $T_N \approx 140$ K, тогда как включение магнитного поля около 50 кЭ индуцирует в этом соединении метамагнитный фазовый переход из АФМ в метастабильное ФМ-состояние, сопровождающийся значительным изменением магнитосопротивления [2].

Целью настоящей работы является изучение эволюции процессов намагничивания в антиферромагнитной системе $Fe_{0.5}TiS_{2-y}Se_y$ с изовалентным замещением в подсистеме халькогена, сохраняющим неизменное содержание железа. В данной работе особое внимание уделяется наиболее интересному эффекту – появлению метастабильного ФМ-состояния в системе $Fe_{0.5}TiS_{2-y}Se_y$, с концентрацией селена $y < 0.5$, после приложения магнитного поля. Исследована метастабильность ФМ-состояния, индуцированного полем в этих соединениях, в рамках модели Изинга, учитывающей внутриплоскостное и межплоскостное обменные взаимодействия, а также магнитоупругий вклад.

Оказывается, что магнитоупругое взаимодействие усиливает/ослабляет ФМ/АФМ обменную связь, соответственно. Баланс обменных взаимодействий таков, что АФМ-связь имеет преимущество, если пренебречь решеточными степенями свободы, однако учет магнитоупругого взаимодействия смещает этот баланс в пользу ферромагнитного порядка. Мы провели численный расчет кривых гистерезиса с помощью уравнений среднего поля. Петля гистерезиса оказывается типичной для изинговского ферромагнетика при низкой температуре. Увеличение температуры приводит к сжатию петли. Одновременно, магнитоупругий вклад в молекулярное поле, будучи кубическим по параметру порядка спина, быстро исчезает при дальнейшем повышении температуры, что приводит к стабилизации АФМ порядка при H = 0. Этот процесс соответствует исчезновению однопетлевой формы гистерезиса и возникновению двухпетлевого поведения. Процесс сжатия с ростом температуры повторяется для каждой из отдельных петель гистерезиса в новом АФМ режиме и завершается образованием S-образной кривой намагничивания в парамагнитной фазе.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-32-00769 мол_а и Фонда содействия развитию теоретической физики и математики BASIS 17-11-107.

1. Z. Hai and S. Zhuiykov, Adv. Mater. Interfaces 5, 1701385 (2018).
2. N. V. Baranov, E. M. Sherokalova, N. V. Selezneva et al., J. Phys. Condens. Matter 25, 066004 (2013).
3. Baranov N.V., Selezneva N.V., Sherokalova E.M., Baglaeva Y.A., Ovchinnikov A.S., Tereshchenko A.A., Gorbunov D.I., Volegov A.S., Sherstobitov A.A., Physical Review B, 100 (2), 024430 (2019).

ЧЕТЫРЁХНОЖНАЯ СПИНОВАЯ ТРУБКА С ФРУСТРИРУЮЩИМ ОБМЕННЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ: СВОБОДНАЯ ЭНЕРГИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ

Тимофеева А. С. [1], Бострем И. Г.[1], Овчинников А. С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: anna_timofeeva@bk.ru

THE FRUSTRATED FOUR-LEG SPIN TUBE: FREE ENERGY AND DETERMINATION OF THE GROUND STATE

Timofeeva A. S.[1], Bostrem I. G.[1], Ovchinnikov A. S.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This paper presents a study of the magnetically ordered (non-singlet) state of the spin tube with a frustrating exchange interaction. The authors use the path-integral formulation for spin systems. They calculate the free energy of a system whose profiles have the shape of double holes.

Спиновые трубки относятся к квазиодномерным спиновым системам. Это магнетики, в которых связанные обменным взаимодействием молекулы образуют в пространстве линии или группы линий. Такие системы являются удобной моделью для теоретических исследований, а в последнее время в связи с успехами в области синтеза новых магнитных материалов представляют и практический интерес.

Спиновой трубкой принято называть магнитную структуру, представляющую из себя несколько спиновых цепочек, связанных межцепочечным обменным взаимодействием. По числу входящих в магнитную структуру спиновых цепочек различают трехножные, четырехножные и так далее. Спиновые трубки, в силу наличия внутренней структуры у каждой ее ступеньки, естественно, могут обладать более богатым набором уникальных магнитных свойств, чем простые цепочки.

Рассматриваемая нами спиновая система служит упрощенной моделью квазидвумерного органического ферримагнетика BIPNNBNO, синтезированного группой японских физхимиков, и в частности может быть применена при анализе его процесса намагничивания. [1].

В данной работе мы ограничились изучением магнитоупорядоченного (несинглетного) состояния модели. Для этой цели был использован формализм континуального интегрирования для спиновых систем, предложенный в работе [2].

Метод континуального интегрирования позволяет решить вопрос выбора угла α, параметризующего классическую спиновую конфигурацию на кольце. Полученные профили свободной энергии имеют форму двойных ям, что делает возможным эффекты квантового туннелирования между эквивалентными

классическими конфигурациями в такой системе. Это означает, что система обладает вырождением, возникающим из-за эффекта фрустрации, связанным с обменным параметром J_2.

При увеличении модуля J_1(взаимодействия вдоль трубки, между блоками) уменьшается вероятность перехода из одного устойчивого состояния в другое (барьер становится выше). А вот при росте фрустрирующего взаимодействия J_2 (перекрестное внутри блока между спинами S=1), вероятность перехода увеличивается. В переходе к квантовому пределу возникают дополнительные минимумы. Если в классическом случае минимуму соответствуют углы $\alpha = 0, \pi$, то при понижении температуры картинка изменяется. На рисунке показано положение спинов, которое соответствует точкам минимума свободной энергии при J_2=1 в квантовом пределе.

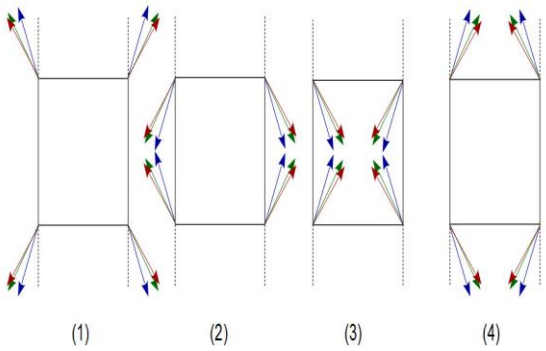


Рис. 1. Положения спинов, соответствующие минимумам свободной энергии в квантовом пределе при J_2=1 (синий для J_1=-2, зеленый - J_1=-0.5, красный - J_1=-0.1)

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-02-00213

1. Ovchinnikov A.S., Sinitsyn V. E., Bostrem I. G., Phys.: Condensed Matter, 24, 306003, (2012)
2. Plat X., Fuji Y., Capponi S., Phys. Rev. B, 91, 064411, (2015)

РОСТ НЕОСЕСИММЕТРИЧНОГО ДЕНДРИТНОГО КРИСТАЛЛА В БИНАРНОЙ СИСТЕМЕ

Титова Е.А.[1], Александров Д.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19
E-mail: ekatitova@mail.ru

THE GROWTH OF A NON-AXISYMMETRIC DENDRITE IN A BINARY SYSTEM

Titova E.A.[1], Alexandrov D.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The free growth of a dendritic crystal having the shape of an elliptical paraboloid is studied theoretically. A selection criterion allows to obtain the growth rate and surface curvature as functions of the undercooling is constructed.

Известно, что параметры дендритной структуры определяют свойства материала, полученного при затвердевании метастабильной переохлажденной жидкости. Развитые теории описывают рост двумерных или осесимметричных трехмерных дендритов, в то время как многие вещества, например лед имеют неосесимметричную форму дендритного кристалла [1].

Рассмотрим рост дендрита, имеющего форму эллиптического параболоида. Баланс переохлаждений предоставляет первое уравнение определяющее три параметра растущего дендрита (скорость вершины V и два радиуса кривизны в двух плоскостях R_2 и R_1) [2]. Второе уравнение запишем как $R_2/R_1 = cons = k$. Это соотношение будет выполняться, поскольку стационарный рост возможен только при сохранении формы дендрита. Третьим уравнением будет отборное соотношение для n-ной симметрии в плоскости с большим радиусом кривизны [3]. В критерий отбора входит постоянная a_1, известная в случае $n = 4$.

Для определения этой константы в случае произвольной симметрии, выразим скорость из критерия отбора, найденного для n-ной симметрии в работе [3] и устремляя число Пекле к бесконечности приравняем полученную скорость вершины к соотношению (19) из работы [4]. Тогда константа для n-ной симметрии выражается через постоянную отбора σ_0 и анизотропию поверхностной энергии. Аналогичным образом удалось найти константы для концентрационного и кинетического вкладов.

Теоретически рассчитанные скорость роста вершины и радиусы кривизны сравнивались с экспериментальными данными по росту дендритов льда в тяжелой воде [1]. Показано что предложенная модель позволяет добиться согласия между теорией и экспериментом.

1. Yoshizaki, I., Ishikawa, T., Adachi, S. et al., Microgravity Sci. Technol., 24, 245–253, (2012)

2. Титова, Е. А., Александров, Д. В., Галенко, П. К., Расплавы, 3, 312-319, (2018)
3. Alexandrov, D., Galenko, P., 10.1007/978-3-030-13720-5_17, (2019)
4. E. Brener, V. Mel'nikov, J. Phys. France, 51, 157{166}, (1990)

МАГНИТНАЯ ЖЕСТКОСТЬ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ДИХАЛЬКОГЕНИДОВ ТАНТАЛА

Топорова Н.М.[1], Селезнева Н.В.[1], Баранов Н.В.[1, 2]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, ИЕНиМ, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: toporova.natalia1402@mail.ru

MAGNETIC HARDNESS OF IRON-CONTAINING TANTALUM DICHALCOGENIDES

Toporova N.M.[1], Selezneva N.V.[1], Baranov N.V.[1, 2]
[1)] Ural Federal University, Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

The data on the crystal structure and magnetic properties of the $Fe_{0.25}Ta(S_{1-y}Se_y)_2$ system are presented. It has been shown that the replacement of sulfur for selenium up to y = 0.5 leads to an increase in the coercive force at low temperatures.

На текущий момент большинство изученных сплавов и соединений, магнетизм которых связан с присутствием атомов Fe, являются магнитомягкими материалами, однако существует небольшое число соединений, не имеющих в своём составе редкоземельных элементов, но при этом обладающих необычно большой коэрцитивной силой. К таким соединениям относятся железосодержащие дисульфиды тантала и титана. Их характерной особенностью является квазидвумерный характер кристаллической структуры. Известно, что соединения-матрицы TiS_2 и TaS_2 кристаллизуются в разных структурных модификациях 1T и 2H, соответственно. При интеркалации в межслоевое пространство атомов железа в зависимости от концентрации внедренных атомов наблюдаются разные магнитные состояния от спинового/кластерного стекла до ферро- или антиферромагнитного упорядочения. Прежде было установлено, что в соединении $Fe_{0.5}TiS_2$ ниже T_N = 135 К наблюдается переход из парамагнитного состояния в антиферромагнитное (АФ), однако под действием внешнего магнитного в нем может быть индуцировано метастабильное ферромагнитное (Ф) состояние с высокой коэрцитивной силой коэрцитивной силой (H_c ~ 40 кЭ) при низких температурах, что связывается с наличием не полностью замороженного орбитального момента на

атомах Fe [1]. Монокристаллы ферромагнитного соединения $Fe_{0.25}TaS_2$ также проявляют большой гистерезис при перемагничивании (H_c ~ 37 - 55 кЭ) и обладают высокой магнитокристаллической анизотропией (поле анизотропии H_a ~ 500 кЭ) при низких температурах [2–4], что сравнимо с данными для некоторых редкоземельных соединений.

В настоящей работе проведено исследование влияния замещения по анионной подрешетке на кристаллическую структуру и магнитные свойства системы $Fe_{0.25}Ta(S_{1-y}Se_y)_2$ с $y \leq 0.5$. Поликристаллические образцы были получены методом твердофазного ампульного синтеза по одностадийной технологии при температуре T = 700 °C. Аттестация полученных образцов осуществлялась на дифрактометре Bruker D8 Advance. Магнитные свойства исследовались с помощью СКВИД-магнитометра MPMS (Quantum Design) и вибромагнетометра Lake Shore VSM 7407.

Рентгенографическая аттестация синтезированных соединений $Fe_{0.25}Ta(S_{1-y}Se_y)_2$ показала, что полученные образцы являются однофазными, изоструктурными и кристаллизуются в гексагональной сингонии.

Результаты магнитных измерений показали, что все полученные соединения проявляют поведение, характерное для высокоанизотропных ферромагнетиков. Рост содержания селена в образце приводит к незначительному снижению температуры Кюри, что возможно, вызвано увеличением межатомных расстояний. Обнаружено, что замещенные соединения обладают увеличенным значением коэрцитивной силы при низких температурах по сравнению с незамещенным соединением. Рост H_c выше 70 кЭ (при T = 2 К) возможно обусловлен увеличением степени беспорядка в анионной подсистеме из-за замещения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № FEUZ-2020-0054).

1. Baranov N.V., Sherokalova E.M., Selezneva N.V., Proshkin A.V., Gubkin A.F., Keller L., Volegov A.S., Proskurina E.P., J. Physics: Condensed Matter, 25, 066004 (2013)
2. Hardy Will J., Chen Chih-Wei, Marcinkova A., Ji Heng, Sinova Jairo, Natelson D., Morosan E., Physical Review B., 91, 054426 (2015)
3. Choi Y. J., Kim S. B., Asada T., Park S., Weida Wu, Horibe Y., Cheong S-W., Europhysics Letters, 86, 37012 (2009)
4. Checkelsky J. G., Minhyea Lee, Morosan E., Cava R. J. and Ong N. P., Phys. Rev. B., 77, 01443 (2008)

DENDRITE GROWTH WITH ARBITRARY SYMMETRY IN TWO DIMENSION CASE

Toropova L.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
E-mail: l.v.toropova@urfu.ru

The growth of a free dendrite having a non-axisymmetric morphology with arbitrary symmetry in a pure substance is considered with the interfacial effect of anisotropy and in the absence of convective flow. Theoretical predictions are compared with simulations provided by a phase-field model.

The present work addresses the problem of the theoretical analysis of dendrites having a non-axisymmetric morphology with arbitrary symmetry [1], and its comparison with simulation. This choice is motivated by the recent development of a phase-field model (PFM) for ice dendrite growth in supersaturated atmosphere [2, 3], which is adapted to the thermal growth of ice dendrite in undercooled water in this work.

$$\Delta T=\Delta T_T (P_g)+(4d_0 T_q)/\rho(P_g) +(2D_T P_g)/(\mu_k \rho(P_g)). \quad (1)$$

Equation (1) represents the supercooling balance which solution determines the product of the main crystal growth parameters V and ρ as a function of the undercooling ΔT, but does not give the information about the dependences ρ(ΔT) and V(ΔT) in a separate form. For this reason, we need to use a second equation providing a criterion of stable dendrite growth, by means of the solvability theory [4]. In this case, we come to a generalized selection criterion for the sharp interface model (ShIM) in the form:

$$\sigma^*= (\sigma_0 \alpha_d^{7/n} A_n^{7/n}) / [1+a_1 \alpha_d^{2/n} A_n^{2/n} P_g (1+(\delta_0 D_T \beta_0)/d_0)]^2 \quad (2)$$

This combination is the composed function of V and ρ, anisotropy of surface energy and other physical parameters characterizing the growth of dendrites [1]. We also analyze the dendrite growth mode that is controlled by the kinetic contribution which in turn is proportional to β_0 (see eq. (3.16) in [1]).

Figure 1 shows the comparison of the analytical calculations of V and ρ with the symmetry n=6 and PFM simulations of the tip velocity V and curvature diameter ρ, as a function of the undercooling ΔT. Analytical and numerical results are in good agreement for V and ρ simultaneously. This is particularly noteworthy, considering that the values of V and ρ are connected in the analytical model through Eqs. (1) (undercooling balance) and (2) (selection criterion), whereas a priori, these are independent in the PFM. In more details, a disparity between analytical and numerical results can be seen for the lowest and highest undercoolings prospected by PFM. First, for high undercoolings (ΔT > 60 K), PFM simulations overestimate V compared to analytical calculations. This might stem from the PFM model that is valid for low undercoolings where kinetics effects are small, but lead to incorrect tip velocities at higher undercoolings where

kinetics effects cannot be neglected. Second, PFM calculations of ρ become wrong at low undercoolings (ΔT < 32 K). This stems from the break down of the tip fitting by a parabola to estimate ρ from the simulated dendrite at such ΔT.

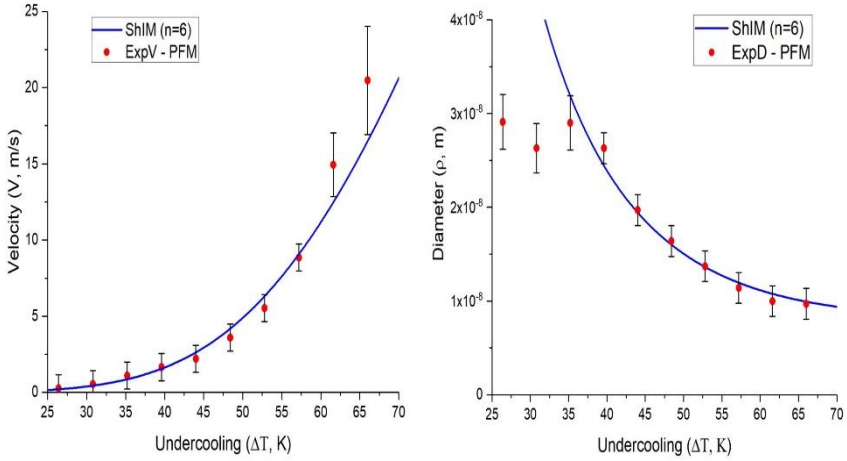


Fig. 1. Comparison between the present analytical calculations (ShIM) and PFM simulations of the tip velocity V and curvature diameter ρ, as a function of the undercooling ΔT for the 6-fold symmetry (n=6).

Overall, by comparing the present theoretical model to PFM simulations, we show in this work that the growth of dendrites having a non-axisymmetric morphology with the 6- fold symmetry is satisfyingly described by the sharp interface model (ShIM) introduced in this study.

Toropova L. V. acknowledges the support from the Ministry of Education and Science of the Russian Federation [grant number 1.12804.2018/12.2].

1. Alexandrov D.V., Galenko P.K., Toropova L.V., Phil. Trans. A, 376, 20170215 (2018).
2. Demange G., Zapolsky H, Patte R., Brunel M., Phys. Rev. E, 96, 022803 (2017).
3. Demange G., Zapolsky H, Patte R., Brunel M., Comp. Mat., 3, 15 (2017).
4. Pelcé P., D. Bensimon, Nucl. Phys. B, 2, 259 (1987).

PHOTON CUTTING AND ENERGY TRANSFER PROCESSES IN $Ca_9Tb(PO_4)_7$ DOPED WITH Eu^{3+} IONS

Trofimova E.S.[1], Pustovarov V.A.[1], Omelkov S.I.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Physics, University of Tartu, W. Ostwald Str. 1, Tartu, Estonia
E-mail: trofimova.e.s@yandex.ru

Photon cutting processes in the relaxation of excited states in Eu^{3+} ion and energy transfer between rare-earth ions in $Ca_9Tb(PO_4)_7$ are analyzed using luminescence spectroscopy methods.

Whitlockite-related materials, to which $Ca_9Ln(PO_4)_7$ compounds (Ln stands for rare earth ion: Y, La-Lu) belong, are attracting wide interest in research of new LED phosphors [1]. Luminescent properties of such materials can be adjusted, tuned and improved with efficient energy transfer between host lattice rare earth ion (sensitizer) and activator. The current work studies energy transfer processes in $Ca_9Tb(PO_4)_7$ doped with Eu^{3+} (10 mol.%) are studied by means of photoluminescence (PL) spectroscopy in room temperature and at 10 K under vacuum ultraviolet (VUV) excitation.

$Ca_9Tb(PO_4)_7$ doped with Eu^{3+} (10 mol.%) powders were prepared via high temperature solid state reaction. The sample has single phase with structure related to whitlockite (rhombohedral, space group R3c) [2]. The VUV excitation and PL emission spectra were measured on the Beamline 4B8 at VUV station of Beijing Synchrotron Radiation Facilities (BSRF) at T = 10 K, and using setup including deuterium discharge lamp, McPherson 234/302 (excitation) monochromator in Insitute of Physics, University of Tartu, Estonia, in room temperature.

Figure 1, a shows PL emission spectra of $Ca_9Tb(PO_4)_7$:Eu^{3+} under excitation of various wavelength. The spectra are dominated by Tb^{3+} emission, while Eu^{3+} emission (611 nm) is rather weak, but still contributes to overall phosphor color [2]. There is also a defect emission in the PL spectrum under excitation λ = 240 nm and above.

Figure 1, b shows PL excitation spectra for different emission lines. In VUV range, Eu^{3+} $^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ transition is mostly excited by photons with energies around 240 nm, this mechanism can be attributed to the Eu−O charge transfer transitions.

In presented report, the photon cutting processes in the relaxation of excited states in Eu^{3+} ion and energy transfer between rare-earth ions at different temperatures are analyzed.

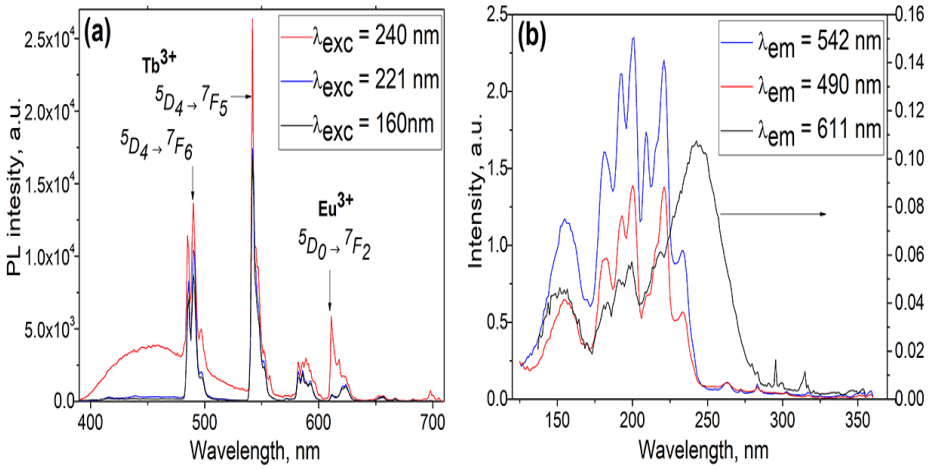


Fig. 1. PL spectra under UV-VUV excitation (a) and PL excitation spectra for different emission lines (b) in $Ca_9Tb(PO_4)_7:Eu^{3+}$ (10 mol.%), T = 10 K.

The authors thank Dr.Yan Huang (BSRF, China) for assisting in the SR experiments and Prof. M. Bettinelli (University of Verona, Italy) for providing samples.

1. Xia, Z., Liu, Q., Prog. Mater. Sci, 84, 59 (2016)
2. Carrasco I., Piccinelli F., Bettinelli M., J. Phys. Chem. C, 121, 16943 (2017)

ОПТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИНДОЛОКАРБАЗОЛА

Трофимова К.Е.[1], Ищенко А.В.[1], Вохминцев А.С.[1], Иргашев Р.А.[1], Казин Н.А.[1], Вайнштейн И.А.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
E-mail: k.e.trofimova@urfu.ru

OPTICAL AND ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF COMPOUNDS BASED ON INDOLOCARBASOL

Trofimova K.E., Ishchenko A.V., Vokhmintsev A.S., Irgashev R.A., Kazin N.A., Weinstein I.A.
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Indolocarbazole-based compounds are promising materials for the development of organic electronics. The determination of optical and electrophysical properties of a number of compounds based on indolocarbazole (ICZ) was carried out in this work. The optical absorption spectra were obtained.

Исследование свойств тонких пленок органических полупроводниковых соединений представляет значительный интерес для практического применения в

гибкой электронике [1, 2]. Среди таких соединений можно выделить соединения на основе индолокарбазола отличающиеся высоким уровнем фотолюминисценции и выходом носителей зарядов [3].

Целью работы является определение оптических и электрофизических свойств ряда соединений на основе индолокарбазола (ICZ) и оценка их применимости для создания компонентов гибкой электроники.

Методом центрифугирования созданы четыре тонкопленочных образца на основе соединений 5,11-дигексил-5,11-дигидроиндоло[3,2-b]карбазол (DHICZ), 5,11-бисоктадецил-5,11-дигидроиндоло[3,2-b]карбазол (NAK832a), 5,11-бис(2-метоксиэтил)-5,11-дигидроиндоло[3,2-b]карбазол (NAK832b), 5,11-бис[2-(2-метоксиэтокси)этокси]-5,11-дигидроиндоло[3,2-b]карбазола (NAK832c) на кварцевую подложку для исследования оптических свойств. Для исследования электрофизических свойств путем измерения и анализа вольт-амперных характеристик создана структура TiN/производное соединение ICZ/Au с барьером Шоттки. Образцы отжигались в вакууме при температуре 60°C. Толщина пленок была определена с помощью наноиндентора Hysitron TI750 Ubi методом многоциклового нагружения с частичной разгрузкой и составила 50 нм - 200 нм.

Оптические свойства тонкопленочных образцов на основе индолокарбазола определены методами абсорбционной оптической и фотолюминесцентной спектроскопии. В докладе обсуждаются результаты измерений. Показано влияние радикалов в исследуемых соединениях индолокарбазола на их оптические свойства.

Для исследования электрофизических характеристик на поверхности пленок ICZ масочным методом формировались золотые контакты диаметром 70 мкм и толщиной 50 нм. Измерения проведены с помощь микрозондовой станции Cascade Microtech MPS150. По измеренным вольтамперным характеристикам (ВАХ) оценена подвижность носителей зарядов. Обсуждается применение изученных материалов для создания электронной компонентной базы гибкой электроники.

1. Im, Y., Han, S. H., and Lee, J. Y., Dibenzothiophene and indolocarbazole cored bipolar hosts for blue phosphorescent organic light-emitting diodes, Organic Electronics, 2018
2. Ledwon, P., Recent Advances of Donor-Acceptor Type Carbazole-Based Molecules for Light Emitting Applications. Organic Electronics, (2019).

ВЛИЯНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА НА ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ НАНОСТРУКТУРНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Цепилов М.В.[1], Никифоров С.В.[1]

[1)] Уральский Федеральный университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: tcepilo@mail.ru

INFLUENCE OF THE PHASE COMPOSITION ON THE THERMOLUMINESCENCE OF NANOSTRUCTURAL ALUMINUM OXIDE

Tsepilov M.V.[1], Nikiforov S.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The aim of the work is to study the effect of annealing temperature on the phase composition and TL of nanostructured Al_2O_3. The α-phase formation begins at temperature 1150°C in the studied samples. The connection of TL peak at 280-300°C with the presence of transition phases of Al_2O_3 was found.

В настоящее время оксид алюминия (Al_2O_3) при своей низкой стоимости обладает уникальным сочетанием свойств (высокая механическая прочность, твердость, износостойкость, огнеупорность, теплопроводность, химическая инертность), которые дают возможность использовать его в различных отраслях науки и техники, в частности, в микро- и наноэлектронике. Единственной термодинамически стабильной формой Al_2O_3 является α-фаза. Известны также следующие модификации переходных фаз оксида алюминия (θ, δ, γ, k и другие) [1]. Наиболее подробно исследованы термолюминесцентные (ТЛ) свойства α-Al_2O_3. Что касается переходных фаз, их ТЛ свойства недостаточно изучены и требуются дополнительные исследования.

Целью работы является изучение влияния температуры отжига на фазовый состав и ТЛ наноструктурного Al_2O_3.

Исследовались образцы диаметром 6,1 мм в форме компактов, полученных путем холодного одноосного прессования наноструктурного порошка смеси θ и δ-фаз Al_2O_3 с размером зерна 40-190 нм. Высокотемпературный отжиг, требуемый для изменения фазового состава Al_2O_3, производился на воздухе в электропечи ПВК-1.4-8 в течение 30 минут. Для рентгенофазового анализа образцов использовался дифрактометр XPert PRO MPD PANalitical в медном излучении с бета-фильтром на вторичном луче. ТЛ возбуждалась импульсным электронным пучком (130 кэВ) дозой 15 кГр. ТЛ измерялась при линейном нагреве со скоростью 2 К/с при помощи ФЭУ-130 с максимальной чувствительностью 400-420 нм.

Кривые ТЛ образцов, отожжённых при различных температурах, приведены на рисунке 1. Видно, что ТЛ, соответствующая температурам отжига T = 1150°C, обусловлена двумя пиками: A (170-185°C) и B (280-300°C). При повышении температуры отжига до 1200-1250°C, при котором по данным

рентгеновской дифракции начинается преобразование переходных фаз Al_2O_3 в α-фазу, пик B исчезает, а интенсивность пика A уменьшается.

Исчезновение пика B при температурах отжига, больших 1200 °C, свидетельствует о том, что ловушки, ответственные за данный пик, связаны с присутствием переходных фаз оксида алюминия. Природа ловушек пика A требует дополнительных исследований. Уже сейчас можно утверждать, что по своему температурному положению пик A близок ТЛ пику, наблюдаемому в α-Al2O3 с высокой концентрацией кислородных вакансий [2].

1. Abdolvahab Amirsalari, Saber Farjami Shayesteh, Reza Taheri Ghahrizjani, Intrinsic luminescence centers in γ- and θ-alumina nanoparticles, 11(2017), 3-5
2. S.V. Nikiforov, V.S. Kortov, S.V. Zvonarev, E.V. Moiseykin, M.G. Kazantseva, Basic thermoluminescent and dosimetric properties of Al_2O_3:C irradiated by pulse intensive electron beam, Radiation Measurements. – 2014. – V. 71. – P. 74-77.

THERMODYNAMIC AND MAGNETIC PROPERTIES OF ONE-DIMENSIONAL DECORATED CHAIN IN ISING MODEL

Tsuvarev E.S.[1], Kassan-Ogly F.A.[2], Proshkin A.I.[1, 2]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia
[2)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of UB of RAS, S. Kovalevskaya 18, Yekaterinburg, Russia
E-mail: eguny@mail.ru

The Kramers-Wannier transfer matrix with translation to an arbitrary number periods of a linear chain is obtained. The exact analytical solution for largest eigenvalue of transfer matrix including magnetic field is derived.

The one-dimensional decorated Ising chain in the magnetic field is considered. The Hamiltonian of this lattice is represented in following form:

$$H(s) = -J_d \sum_{i=1}^{N} s_i * s_{i+1} - J \sum_{j=1,\, d+2,\, \ldots}^{N} s_j * s_{j+d+1} - h \sum_{i=1}^{N} s_i \ , \qquad (1)$$

where J_d is the nearest-neighbour interaction between decorated spin and nodal spin as well as between decorated spins, J is the exchange interaction between nodal spins only, h is an external magnetic field. The index d denotes the number of the so-called decorations [1] of chain.

Figure 1 illustrates the lattice of spins corresponding to linear decorated chain described by Hamiltonian (1). Red circles are associated with decorated spins and blue circles with nodal spins. Each spin has two states $s = \pm 1$.

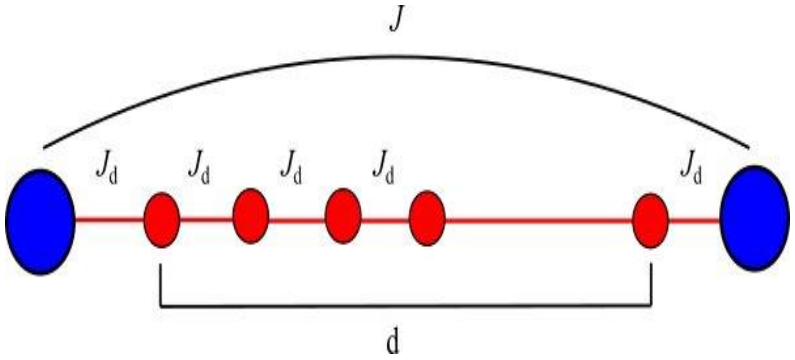


Рис. 1. The linear decorated chain with the nearest-neighbour exchange interaction J_d and the exchange interaction J

In the considered method of transfer matrix invented by Kramers and Wannier [2] all thermodynamic and magnetic quantities of the model are expressed only through its largest eigenvalue λ_{max}. Moreover, in this work unlike the usual Kramers-Wannier method, the transfer matrix is generalized [3] to an arbitrary number of translation of a linear chain.

However, taking into account that the first sum and the third sum in the Hamiltonian (1) runs through all spins of the lattice, and the second sum runs through the nodal spins only, the partition function in the thermodynamic limit ($N \to \infty$) takes the form:

$$Z = \lambda_{max}^{N/(d+1)} \qquad (2)$$

It is curious that if d tends to infinity, then this task reduces to the Ising's problem [4] since with an increase in the number of decoration the contribution to energy from nodal spins becomes more and more insignificant.

The research was carried out within the state assignment of Minobrnauki of Russia (theme "Quantum" No. AAAA-A18-118020190095-4), supported in part by Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (project No. 18-2-2-11).

1. Fisher M.E., Phys. Rev. 113, 969-981 (1958).
2. Kramers H.A. and Wannier G.H., Phys. Rev. 60, 252-262 (1941).
3. Tsuvarev E.S. et al, J. Phys.: Conf. Ser. 1389, 012008 (2019).
4. Ising E., Zeitschrift fur Physik 21, 253-258 (1925).

СТРУКТУРА И ЭНЕРГИЯ СИММЕТРИЧНЫХ ГРАНИЦ ЗЕРЕН НАКЛОНА В ОЦК-ТИТАНЕ

Уразалиев М.Г.[1], Ступак М.Е.[1], Попов В.В.[1]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: misha.urazaliev@yandex.ru

SYMMETRIC TILT GRAIN BOUNDARY STRUCTURE AND ENERGY IN BCC TITANIUM

Urazaliev M.G.[1], Stupak M.E.[1], Popov V.V.[1]
[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Molecular static simulations symmetric tilt grain boundaries in bcc titanium were used to evaluated energetically favorable configurations. Grain boundary width is investigated by visualization atomistic simulation data.

Свойства поликристаллического металла во многом зависят от структуры и энергии границ зерен (ГЗ). Данное исследование посвящено исследованию структуры, энергии ширины большеугловых специальных границ зерен наклона в ОЦК титане. Примем ширину ГЗ равную расстоянию между самыми дальними узлами ядра границы. Отрезок, соединяющий два самых далеких узла перпендикулярен плоскости ГЗ. Для каждой ГЗ рассчитана энергия образования в Дж/м*м.

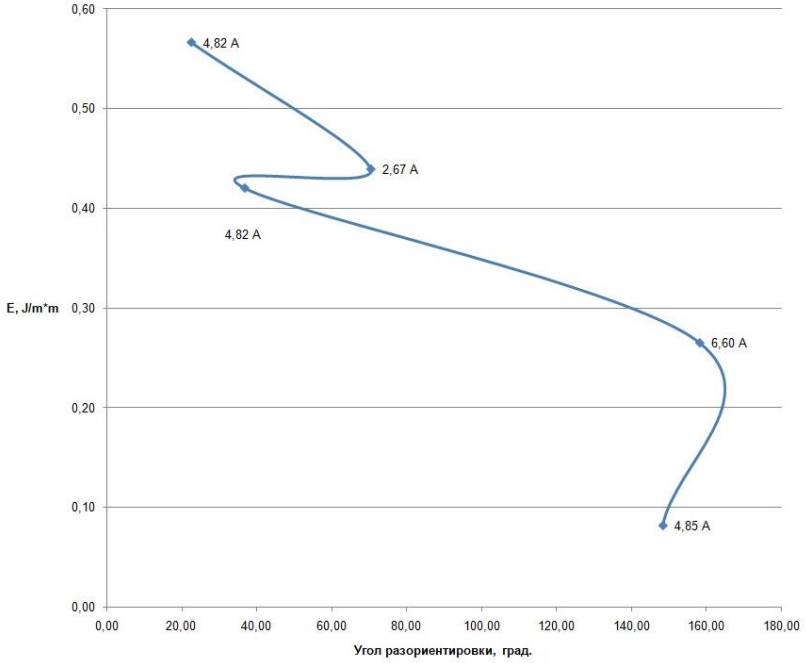


Рис. 1. Энергия и ширина границ зерен в ОЦК титане. Точки соответствуют ГЗ. Для каждой ГЗ рядом с точками обозначена ширина.

Значения энергий и структуры ГЗ были получены методом молекулярной статики [1]. Структуры ГЗ получены из теории РСУ. Для моделирования ГЗ был

использован пакет Lammps. В расчетной ячейке создавалось два блока частиц развернутых под специальным углом для каждой ГЗ. Использовались периодические граничные условия, в всех трех направлениям. Для моделирования был выбран потенциал из [2]. Для измерения ширины границ зерен использовался визуализатор OVITO [3].

Таким образом исследованы Σ3[1-10](112), Σ5[100](013), Σ7[11-1](123), Σ13[100](01-5), Σ27[1-10](552) соответствующие углам 70,5; 36,87; 158,21; 22,62; 148,4 градусов. На рис. 1. представлены зависимости энергии и ширины границ зерен в ОЦК титане от угла разориентировки.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Функция», при частичной поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН (проект 18-10-2-37).

Приносим благодарность Лидии Евгеньевне Карькиной, Юрию Николаевичу Горностыреву.

1. Tschopp, M., McDowell, D.L. (2007). Structures and energies of Sigma3 asymmetric tilt grain boundaries in Cu and Al. Philosophical Magazine, 87, 3147-3173
2. Interatomic Potentials for the Simulation of Defects, Plasticity and Phase Transformations in Titanium. M.I. Mendelev, T.L. Underwood, G.J. Ackland. J. Chem. Phys. 145, 154102 (2016)
3. A. Stukowski,Visualization and analysis of atomistic simulation data with OVITO – the Open Visualization Tool Modelling Simul. Mater. Sci. Eng. 18 (2010), 015012

ПЛАЗМОННЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ МЕДИ В КЕРАМИКЕ $MgAl_2O_4$

Вагапов А.Ш.[1], Киряков А.Н.[1], Зацепин А.Ф.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
E-mail: alexander1705q@icloud.com

PLASMONIC COPPER NANOPARTICLES IN $MgAl_2O_4$ CERAMICS

Vagapov A.Sh.[1], Kiryakov A.N.[1], Zatsepin A.F.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The microceramics of $MgAl_2O_4$ was doped with Cu^{2+} ions with a fluence of $1x10^{17}$ cm^{-2}. Metal plasmonic copper nanoparticles were found in the surface layer of ceramics. A study of the plasmon characteristics of nanoparticles during thermal annealing was made.

В последнее время повышенное внимание уделяется исследованиям поверхностного плазмонного резонанса (ППР), в наночастицах металлов. Явление заключается в резонансном поглощении электронами проводимости кванта света с возникновением электрон-ионного диполя. В оптической спектроскопии такие

наночастицы детектируются благодаря наличию соответствующего пика в спектре оптического поглощения. Положение максимума пика оптического поглощения ППР зависит от таких факторов как диэлектрическое окружение, размер и форма наночастиц [1, 2] которые в свою очередь могут модифицируются в результате влияния внешних факторов. В этой связи изучение температурного воздействия на спектроскопические особенности ППР позволяет понять механизмы модификации металлических наночастиц.

Таким образом цель данной работы заключалась в исследовании спектроскопических особенностей ППР наночастиц меди в прозрачной керамике алюмомагниевой шпинели (АМШ) при термическом отжиге.

Спектры оптического поглощения образца измерены на спектрофотометре Lambda 35 (Perkin Elmer), Легирование ионами Cu^{2+} выполнено в атмосфере аргона с флюенсом $1x10^{17}$ $см^{-2}$. Ускоряющее напряжение ионов составляло 30 кВ, время импульса 0.4 мс, ток разряда 60 А. Отжиг выполнялся в муфельной печи СНОЛ, диапазон температур отжига составил 100-530 °С, шаг 30 °С.

Присутствие плазмонных наночастиц в матрице шпинели подтверждается характерной в 2.1 эВ полосой поглощения.

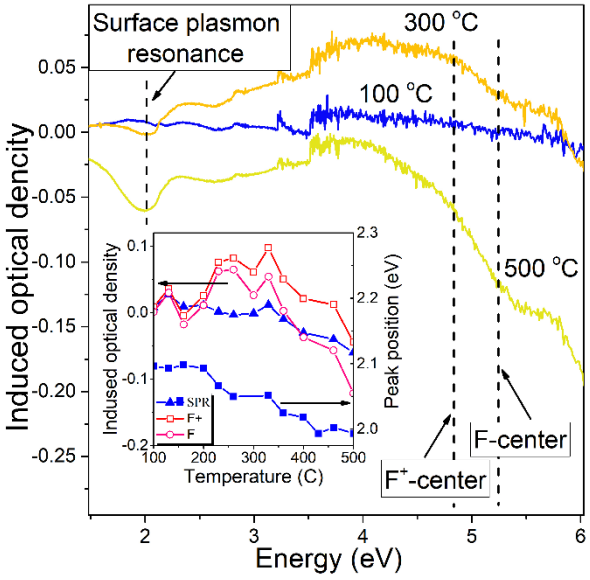


Рис. 1. Спектры наведенного оптического поглощения керамики АМШ легированной ионами Cu^{2+} при различной температуре отжига. На вставке показаны кривы изменения положения максимума ППР и интенсивности ППР и собственных F и F^+ центров

На рис. 1 представлены спектры оптического поглощения образца с плазмонными наночастицами, полученные при различных температурах и нормированные на спектр не отожженного образца. При низких температурах отжига ППР имеет два пика поглощения, что показывает не сферичность синтезируемых наночастиц [1]. На вставке рис. 1 приведены кривые, характеризующие смещение положения максимума ППР, а также изменение интенсивности ППР и собственных F и F^+ центров. С увеличением температуры отжига максимумы поглощения сливаются и смещаются в длинноволновую часть спектра, а также происходит

увеличение полуширины пика. Это свидетельствует об укрупнении и окислении наночастиц меди [2]. Сложная динамика изменения интенсивности собственных центров связана с процессами окисления наночастиц меди, а также с процессами термической ионизации.

Таким образом, после ионной имплантации ионами Cu^{2+} керамики АМШ происходит синтез наночастиц меди, которые имеют не сферическую форму. В результате отжига имплантированных керамик концентрация плазмонных наночастиц падает, причем динамика падения такова, что в первую очередь происходит изменение формы наночастиц, а при температурах порядка 200 °C начинается их активное окисление.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Свердловской области в рамках научного проекта № 20-42-660012

1. Li M., Cushing S.K., Wu N., Analyst, 140, 386-406, (2015)
2. Susman M.D., Feldman Y, Bendikov T.A., Vaskevich A, Rubinstein I., Nanoscale, 9, 12573-12589, (2017)

DILUTED MAGNETIC SEMICONDUCTORS AS ELEMENTS OF SPIN LIGHT EMITTING DIODES

Ved M. V.[1], Dorokhin M. V.[1], Lesnikov V. P.[1], Zdoroveishchev A. V.[1], Danilov Yu. A.[1], Kudrin A. V.[1], Demina P. B.[1]

[1)] Research Institute of Physics and Technology of Lobachevsky State University, 603022, Nizhny Novgorod, Gagarina Ave. 23
E-mail: turok.89rus@rambler.ru

We studied spin light-emitting diodes with an injector, which made of diluted magnetic semiconductors (Ga,Mn)As and (In,Fe)Sb. A pulsed laser annealing of structure with (Ga,Mn)As injector was carried out, which made it possible to increase the operating temperature from 30 K to 120 K.

Diluted magnetic semiconductors (DMS) are non-magnetic semiconductor materials doped with magnetic impurities (3d transition metals), and therefore combining magnetic and semiconductor properties [1]. They are considered promising as elements of spintronics devices, since they are characterized by a high degree of spin polarization of charge carriers and a relatively simple technology of incorporation into semiconductor structures [2]. The main objectives of this work were the introduction of the DMS (Ga,Mn)As and (In,Fe)Sb layers as functional elements of a spin light-emitting diode (SLED), their possible modification, as well as the study of properties.

Earlier, in our work [3], the possibility of creating SLEDs with (Ga,Mn)As layers, in which circularly polarized luminescence was observed at low temperatures, was shown. In this work, we studied the effect of pulsed laser annealing on the properties

of SLED with a (Ga,Mn)As layer as an injector of spin polarized carriers. These layers were similar to the layers in [3]. The studied structure, which is a GaAs based light-emitting diode with an InGaAs quantum well (QW), was grown by a combined method combining metalorganic vapour-phase epitaxy (MOVPE) and pulsed laser deposition (PLD) in a single reactor. The maximum working temperature of such a structure, directly related to the Curie temperature for (Ga,Mn)As, did not exceed 40 K. Further, the structure was subjected to pulsed laser annealing at room temperature using a LPX-200 excimer laser (wavelength - 248 nm, pulse duration - 30 ns, energy density - 260 mJ/cm^2). The operating temperature of the laser-annealed structure increased to 120 K, which we associate with an increase of (Ga,Mn)As Curie temperature.

To further increase of the working temperature of SLED, it was proposed to use a (In, Fe) Sb layer DMS, since it was shown earlier in [4] that such layers grown on GaAs have ferromagnetic properties at temperatures up to room temperature. The studied structure, as in the previous case, was a GaAs based light-emitting diode with an InGaAs quantum well. The semiconductor part of the structure was formed by the MOVPE method, the layer of the diluted magnetic semiconductor (In,Fe)Sb was deposited by the PLD method in vacuum. Also, to reduce the negative effect of (In,Fe)Sb on the semiconductor heterostructure, a tunnel-thin (1 nm) MgO protective layer was introduced between the diluted magnetic semiconductor layer and the surface of the light-emitting structure. The operating temperature of the formed structures with the (In,Fe)Sb injector was 200 K, which we associate with the temperature quenching of electroluminescence, but not with the achievement of the Curie temperature of the diluted magnetic semiconductor layer. To achieve room operating temperature, optimization of the (In,Fe)Sb/GaAs interface is necessary.

This work was supported by the Russian Science Foundation (project No. 18-79-10088).

1. M. Holub, P. Bhattacharya, J. Phys. D: Appl. Phys., 40., R179 (2007).
2. I. Zutic, et. al., Rev. Mod. Phys., 76., 323 (2004).
3. E. Malysheva, et. al., Phys. Solid State, 58, 2271 (2016).
4. Kudrin A., et. al., J. Appl. Phys., 122, 183901 (2017).

ELECTRONIC STRUCTURE OF Sr-DOPED $LaScO_3$ UNDER H_2 AND H_2O UPTAKE

Vlasov M.I.[1], Zainullina V.M.[2, 3], Korotin M.A.[2], Farlenkov A.S.[1], Ananyev M.V.[1]

[1)] Institute of High Temperature Electrochemistry, UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[2)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[3)] Institute of Solid State Chemistry, UB RAS, Yekaterinburg, Russia
E-mail: maxim.vlsv@yandex.ru

This work presents joint results on the optical properties and modeling of energy levels in the vicinity of the band-gap for Sr-doped lanthanum scandate.

Sr-doped LaScO3 is one of the perspective materials for application as electrolyte in various high-temperature electrochemical devices based on the effect of proton conductivity [1, 2]. It efficiently uptakes protons from humid atmospheres, like water vapor (H_2O), and its electrochemical properties under this conditions are rather well studied [3]. Recently, using isotopic exchange method we have shown that it also uptakes hydrogen from dry H_2 atmosphere, however efficiency of such uptake in this case is about one order of magnitude lower [4]. In order to better understand mechanisms of proton uptake from H_2 and H_2O atmospheres in this oxide and in perovskite-type oxides in general, we have studied corresponding changes in the electronic structure in the vicinity of the band-gap of the Sr-doped $LaScO_3$. For this, methods of diffuse reflectance spectroscopy and coherent potential approximation (CPA) calculations were applied.

It was shown that oxygen vacancies appearing due to Sr-doping form energy levels near the bottom of the conduction band. Excitation of electrons from the valence band to these vacancy levels gives rise to additional absorption band which overlaps with the fundamental absorption edge. Proton incorporation both from H_2 and H_2O induces levels below the valence band. However, during H_2 uptake, electrons from hydrogen atoms occupy oxygen vacancy levels, and as a result additional absorption in the red-IR range appears due to electronic transitions from these levels to the conduction band.

This work was financially supported by RSF (Project No. 16-13-00053) and Minobrnauki of Russia (assignments No. AAAA-A18-118020190098-5, No. AAAA-A18-118111290051-4).

1. Stroeva A. Yu., Gorelov V. P. Russ. J. Electrochem., 48/11, 1079 (2012)
2. Liu J., Chiba Y., Kawamura J., Yugami H. Solid State Ionics, 177, 2329 (2006)
3. Farlenkov A. S., Putilov L. P., Ananyev M. V., et al. Solid State Ionics, 306, 126 (2017)
4. Ananyev M.V., Farlenkov A.S., Kurumchin E.Kh. Int. J. Hydrogen Energy, 43/29, 13373 (2018)

ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ПЛЕНОК ИЗ НАНОЧАСТИЦ Ag_2S, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ МПС

Воронцова Е.С.[1], Ремпель С.В.[1, 2], Кузнецова Ю.В.[2]

[1)] Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина

[2)] Институт химии твердого тела УрО РАН

E-mail: e.s.vorontsova17@gmail.com

PREPARATION AND STUDY OF FILMS FROM Ag_2S NANOPARTICLES STABILIZED BY MPS

Vorontsova E.S.[1], Rempel S.V.[1, 2], Kuznetsova J.V.[2]

[1)] Ural Federal University

[2)] Institute of Solid State Chemistry, of RAS (Ural Branch)

The present work is devoted to the synthesis of nanoparticles Ag_2S stabilized by MPS and to the study of the effect of the concentration of a stabilizing agent on Ag_2S nanoparticles in a colloidal solution and the concentration of $AgNO_3$ solutions to Na_2S

Сульфид серебра (Ag_2S) в наносостоянии представляет интерес благодаря возможности применения в оптоэлектронике, фотовольтаике и медицине. Тонкие пленки Ag_2S используются в фотогальванических элементах и фотохимических ячейках[1], в ИК-детекторах, преобразователях солнечной энергии [2]. Оптические свойства Ag_2S изменяются в зависимости от размера и морфологии наночастиц, которые, в свою очередь, зависят от способа синтеза.

В данной работе наночастицы Ag_2S в водном растворе были синтезированы методом химической конденсации с немедленным добавлением смеси МПС в спирте для предотвращения агломерации и осаждения наночастиц [3]. Для оценки влияния концентрации стабилизирующего агента в синтезе наночастиц Ag_2S, в экспериментальных опытах были использованы различные молярные соотношения МПС к Ag_2S, а также $AgNO_3$ к Ag_2S.

Из синтезированных коллоидных растворов Ag_2S несколькими способами были изготовлены пленки. Полученные образцы изучены полуконтактным методом АСМ с помощью научного технического комплекса NTEGRA Prima II. В зависимости от молярных отношений МПС к Ag_2S и молярных отношений $AgNO_3$ к Na_2S было зафиксировано изменение распределения частиц по поверхности и распределения по размерам. При исследовании многослойных пленок обнаружена самоорганизация в виде скоплений колец и полуколец.

This work was supported by the Russian Science Foundation [project no. 18-13-00277].

1. T.B. Nasrallah, H. Dlala, M. Amlouk, S. Belgacem, J.C. Bernede. Synth. Met. 151 3, 225 (2005).
2. V.B. Prabhune, N.S. Shinde, V.J. Fulari. Appl. Surf. Sci. 255 5, 1819 (2008)

3. Kuznetsova Y. V., Rempel S. V., Popov I. D., Gerasimov E. Y., Rempel A. A. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 520, 369–377 (2017).

СТРУКТУРА ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛАСТИНАХ СО СЛОЖНЫМ ХАРАКТЕРОМ МАГНИТНОЙ АНИЗОТРОПИИ

Высокова Е.В.[1], Мехоношин Д.С.[1], Памятных Л.А.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет им. первого Президента России Б.Н.Ельцина
E-mail: dmitry.mehonoshin@urfu.ru

THE STRUCTURE OF DOMAIN WALLS IN SINGLE-CRYSTAL PLATES WITH COMBINED MAGNETIC ANISOTROPY

Vysokova E.V.[1], Mekhonoshin D.S.[1], Pamyatnykh L.A.[1]
[1)] Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin

The structure of magnetic domain walls in single-crystal plates with combined magnetic anisotropy was investigated using micromagnetic simulation. The asymmetric changes in domain wall structure in constant magnetic field were revealed.

Исследования динамики магнитных доменных границ (ДГ) актуальны в связи с перспективами создания новых типов магнитных запоминающих устройств [1]. Важным фактором, влияющим на структуру ДГ, является тип магнитной анизотропии образца. Наличие комбинированной магнитной анизотропии (например, кубической и одноосной) может приводить к появлению новых динамических свойств ДГ. Так, в [2] в монокристаллических пластинах-(111) ферритов-гранатов с комбинированной магнитной анизотропией обнаружена асимметрия смещения ДГ при их колебательном движении в низкочастотном переменном магнитном поле.

Работа посвящена теоретическому исследованию структуры ДГ в пластине-(111) со сложным характером магнитной анизотропии в магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости пластины (вдоль оси z). Выполнено 2D-микромагнитное моделирование структуры ДГ в пакете OOMMF с параметрами реальных образцов ферритов-гранатов. Толщина пластины составляла 50 мкм, константа кубической магнитокристаллической анизотропии K1= - 3000 эрг/см^3, константа наведённой одноосной анизотропии Ku = 1000 эрг/см3. Ось лёгкого намагничивания наведённой одноосной анизотропии была направлена вдоль кристаллографического направления [-111], составляющего с поверхностью образца угол 19,5°.

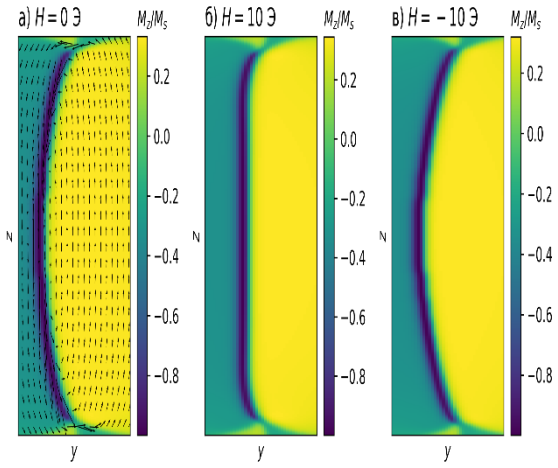


Рис. 1. Полученное в результате моделирования распределение в yz-плоскости z-компоненты намагниченности Mz/Ms в пластине-(111) при величинах приложенного вдоль оси z магнитного поля а) 0, б) 10, в) -10 Э, ширина каждого изображения 4 мкм, высота 50 мкм.

На рисунке 1 приведено распределение z-компоненты приведённой намагниченности Mz/Ms вблизи доменной границы в постоянных магнитных полях H= 0, 10, -10 Э. Вектора намагниченности в доменах вдали от поверхности образца направлены вдоль направлений [-111] и [1-1-1]. В отсутствии магнитного поля (рисунок 1а) ДГ имеет асимметричную блоховскую структуру и С-образную форму, подобную ДГ в материалах с осью лёгкого намагничивания, лежащей в плоскости образца [3]. При приложении поля H=10 Э изгиб ДГ уменьшается (рисунок 1б), а при приложении обратного поля – увеличивается (рисунок 1в).

В работе проводится сопоставление результатов 2D – моделирования с результатами, полученными на эксперименте. Установленное с помощью моделирования изменение структуры ДГ в магнитном поле может приводить к эффекту асимметричного смещения ДГ, наблюдаемому в [2].

Работа выполнена в рамках базовой части госзадания Министерства науки и высшего образования РФ (проект No 3.6121.2017).

1. Parkin S., Yang S.-H., Nature nanotechnology, 10, 195, (2015).
2. Памятных Л.А., Мехоношин Д.С., Памятных С.Е., Агафонов Л.Ю., Лысов М.С., Шматов Г.А., Физика твёрдого тела, 61, 483, (2019).
3. Дубовик М. Н., Байкенов Е. Ж., Зверев В. В., Филиппов Б. Н., Физика металлов и металловедение, 119, 219 (2018).

МИКРОТВЕРДОСТЬ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ Ni-ZrAlO

Яковлева К.С.[1], Стогней О.В.[1], Смирнов А.Н.[1], Хемза А.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет

E-mail: kristina_yakovleva_555@mail.ru

MICROHARDNESS OF NI-ZrAlO NANOCOMPOSITE COATINGS

Yakovleva Ch.S.[1], Stognei O.V.[1], Smirnov A.N.[1], Hemza A.[1]
[1)] Voronezh State Technical University

The microhardness (Hk) of the Ni-ZrAlO nanocomposites and effect of annealing in vacuum and in air on their Hk value were studied. Regardless of the gaseous environment composition the annealing leads to Hk decrease due to increase of the average size of nickel nanogranules.

Исследована микротвердость (H_k) нанокомпозитных покрытий Ni-ZrAlO, а также влияние отжигов, проведенных в различных средах, на величину H_k.

Получение композитных структур осуществлялось методом ионно-лучевого распыления составной мишени (Ni мишень с навесками из ZrAlO) в атмосфере чистого аргона. В исходном состоянии покрытия являются композитными и содержат 2 фазы: аморфный оксид ZrAlO и кристаллический никель (в модификации ОЦК). В исходном состоянии концентрация металлической фазы (Ni) в образцах Ni-ZrAlO практически не влияет на микротвердость покрытий (см. рис.), однако, средние абсолютные значения H_k в 2-3 раза превышают значение микротвердости покрытия из чистого диоксида циркония. По всей видимости, это следствие добавления Al в оксид циркония, а также проявление эффекта композитности [1].

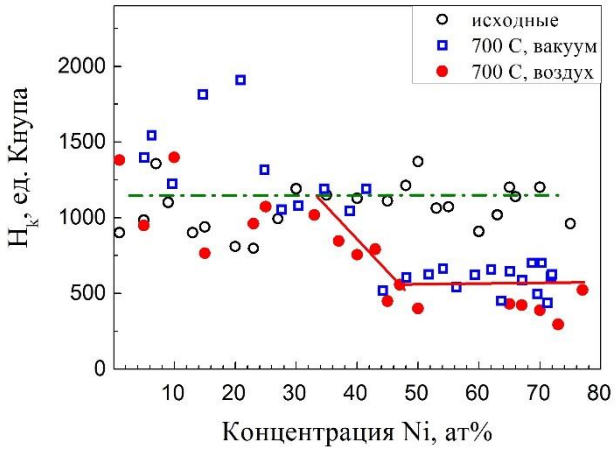


Рис. 1. Концентрационная зависимость микротвердости композитных покрытий Ni-ZrAlO в исходном состоянии и после отжига в вакууме и на воздухе при 700 °С

Отжиг покрытий Ni-ZrAlO в воздушной среде при 700 °С приводит к кристаллизации аморфной фазы диоксида циркония, окислению металлической фазы до NiO, а так же к снижению в два раза значений микротвердости в образцах, находящихся «за порогом» перколяции (см. рис. 1).

Поскольку в результате отжига произошло окисление никеля, формирующего сплошную фазу в композитах, находящихся за порогом перколяции, и именно

окисление могло привести к снижению значений H_k были проведены отжиги в вакууме. Вакуумный отжиг покрытий Ni-ZrAlO не привел к окислению никеля, однако снижение значений H_k по-прежнему наблюдалось в образцах, находящихся «за порогом» перколяции (см. рис.). Исследования показали, что отжиг, независимо от состава газовой среды, приводит к увеличению среднего размера зерна Ni с 4-5 нм (исходное состояние) до 20-30 нм. Таким образом, снижение микротвердости происходит в соответствии с законом Холла-Петча. Анализ отожженной структуры нанокомпозитов показал, что алюминий во всех случаях не формирует самостоятельного оксида, а растворяется в решётке кубического диоксида циркония.

1. Упрочняющие нанокомпозиционные покрытия $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_x(Al_2O_3)_{100-x}$ О.В.Стогней и др. // Альтернативная энергетика и экология – 2011. – №. 9(101). – С. 57-61.

СВЯЗЬ СПИНОВОЙ И ЗАРЯДОВОЙ КИНЕТИКИ В ГЕЛИКОИДАЛЬНЫХ МАГНЕТИКАХ

Ясюлевич И.А.[1]

[1)] Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: yasyulevich@imp.uran.ru

CORRELATION BETWEEN SPIN AND CHARGE KINETICS IN HELICAL MAGNETS

Yasyulevich I.A.[1]

[1)] Institute of Metal Physics, Ekaterinburg, Russian Federation

A description of the kinetics in helimagnets is performed. The use of the quantum kinetic equation made it possible to detect the presence of a relationship between spin and charge kinetics in helimagnets. A new method for determining the magnetic chirality of helical magnets is proposed.

В работе исследуется кинетика в металлических гелимагнетиках. Из-за действия внутреннего обменного поля на электроны проводимости в таких магнетиках можно ожидать возникновение связи спиной и зарядовой кинетики. Построить связанное описание спиновой и зарядовой кинетики можно используя квантовое кинетическое уравнение для квантовой функции распределения, из которого может быть получена система уравнений движения для плотности электронов, спиновой плотности, плотности потока электронов и тензора плотности спинового тока [1].

Применяя полученную систему уравнений к гелимагнетикам получаем, что:

- наличие неоднородного внутреннего магнитного поля приводит к изменению потока электронов проводимости.

- в гелимагнетиках возникает спиновая поляризация электронов проводимости вдоль оси магнитной спирали

- в геликоидальных магнетиках возникает эффективное время спиновой релаксации. Эффективное время спиной релаксации помимо механизма спин-решеточной релаксации определяется «диффузионным» и «прецессионным» механизмами спиновой релаксации.

Возникновение поправки к проводимости зависящей от состояния спиновой системы и спиновой поляризации электронов проводимости вдоль оси магнитной спирали в геликоидальных магнетиках есть не что иное как проявление связи спиновой и зарядовой кинетики.

Важным моментом является наличие связи намагниченности электронов проводимости вдоль оси спирали с киральностью. Можно использовать это свойство для экспериментального определения магнитной киральности геликоидального магнетика.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Спин», No. АААА-А18-118020290104-2, project No. 32-1.1.3.5) при частичной поддержке РФФИ (проект No. 19-02-00057).

1. V. Ustinov, I. Yasyulevich, Phys. Met. Metallogr., V. 121, No. 3, P. 1-13 (2020)

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ ФЕРРИТОВ

Егізбек К.Б.[1]

[1)] Астанинский филиал Института Ядерной Физики
E-mail: kemelin@mail.ru

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF FERRITE-BASED NANOPARTICLES

Yegizbek K.B.[1]

[1)] Astana branch of the Institute of Nuclear Physics

The paper presents the results of a study on the preparation of ferritic nanoparticles, as well as changes in their structural, magnetic and optical properties as a result of thermal annealing. It was found that the initial nanoparticles are 20-25 nm cerium oxide CeO_2 nanoparticles.

В работе представлены результаты исследования получения ферритных наночастиц, а также изменения их структурных, магнитных и оптических свойств в результате термического отжига. Установлено, что исходные наночастицы представляют собой оксид церия CeO_2, средний размер которых не превышает 20-25 нм. В ходе исследования установлена динамика фазовых превращений, а также установлено начало формирования магнитной фазы гематита с последующим упорядочением структуры. Определено, что увеличение температуры отжига приводит к снижению концентрации кислорода в структуре наночастиц и последующему упорядочению кристаллической решетки с формированием магнитной фазы гематита. Согласно данным мессбауэровской спектроскопии установлено, что увеличение температуры отжига приводит к упорядочению магнитной текстуры и снижению концентрации катионных и вакансионных дефектов в структуре. В данной работе представлены результаты синтеза и исследования структурных и магнитных свойств керамик состоящих из наноразмерных ферритов $RFeO_3$ (R=Ce), полученных методом химического синтеза и дальнейшего термического отжига в кислородосодержащей среде.

1. Fried, T.; Gabriel, S.; Markovich, G. Ordered two-dimensional arrays of ferrite nanoparticles. Adv. Mater. 2001, 13, 1158–1161.
2. Kaniukov, E.Y.; Shumskaya, A.E.; Kutuzau, M.D.; Bundyukova, V.D.; Yakimchuk, D.V.; Borgekov, D.B.; Ibragimova, M.A.; Korolkov, I.V.; Kozlovskiy, A.L.; Zdorovets, M.V.; et al. Degradation mechanism and way of surface protection of nickel nanostructures. Mater. Chem. Phys. 2019, 223, 88–97.

МИКРОСТРУКТУРЫ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ Bi-Te ПО ДАННЫМ ПРОСВЕЧИВАЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Юшков А.А.[1], Колосов В.Ю.[1]

[1)] Уральский федеральный университет
E-mail: emlab@urfu.ru

MICROSTRUCTURES IN THIN Bi-Te FILMS ACCORDING TO TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPY

Yushkov A.A.[1], Kolosov V.Yu.[1]
[1)] Ural Federal University

Thin gradient films of the Bi-Te system were obtained by thermal sputtering in vacuum. The methods of transmission electron microscopy revealed crystallographic orientations of the [100] [2-21] tellurium phase in the samples. The internal bending of the crystal lattice reaches 150 deg/μm.

Теллурид висмута Bi_2Te_3 в настоящее время рассматривается как перспективный термоэлектрик. Также активно исследуются свойства Bi_2Te_3 как топологического изолятора. Нанотонкие градиентные пленки Bi-Te были получены путем термического испарения стехиометрического Bi_2Te_3 в вакууме на покрытую аморфным углеродом подложку слюды. Градиент толщины протяженностью до нескольких мкм создавался с помощью затеняющей пластинки, а так же системы масок (с размерами окон 3 и 0,5 мм). Пленка отделялась с подложки слюды на поверхности дистиллированной воды. Образцы исследовались на просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ) в режимах светлого и темного полей и дифракции электронов от выбранной области (SAED).

В начале градиента пленка образует на углеродной подложке мелкокристаллическую островково-лабиринтную структуру, с размерами кристаллов до 20 нм. С продвижением вдоль градиента, с ростом толщины пленка становится более однородной, в ней формируются изгибные экстинкционные контуры (ИЭК) [1] и зонно-осевые картины (ЗОК). По данным SAED, в образцах преобладают ориентировки кристаллографических осей зон, идентифицированные как [2-21], рис. 1 б, и [100], рис 1 г, относящиеся к фазе теллура. При последовательной съемке в ПЭМ-режимах темного и светлого полей рефлексам электронограмм были сопоставлены ИЭК, рис. 1 д, е. Часто встречающиеся ЗОК и ИЭК указывают на наличие сильного внутреннего изгиба кристаллической решетки в образцах. В ряде областей пленок были проведены измерения внутреннего изгиба кристаллической решетки по методу ИЭК. Значения изгиба находятся в пределах от 50 до 150 град/мкм и характерны для кристаллизации тонких пленок из аморфного состояния.

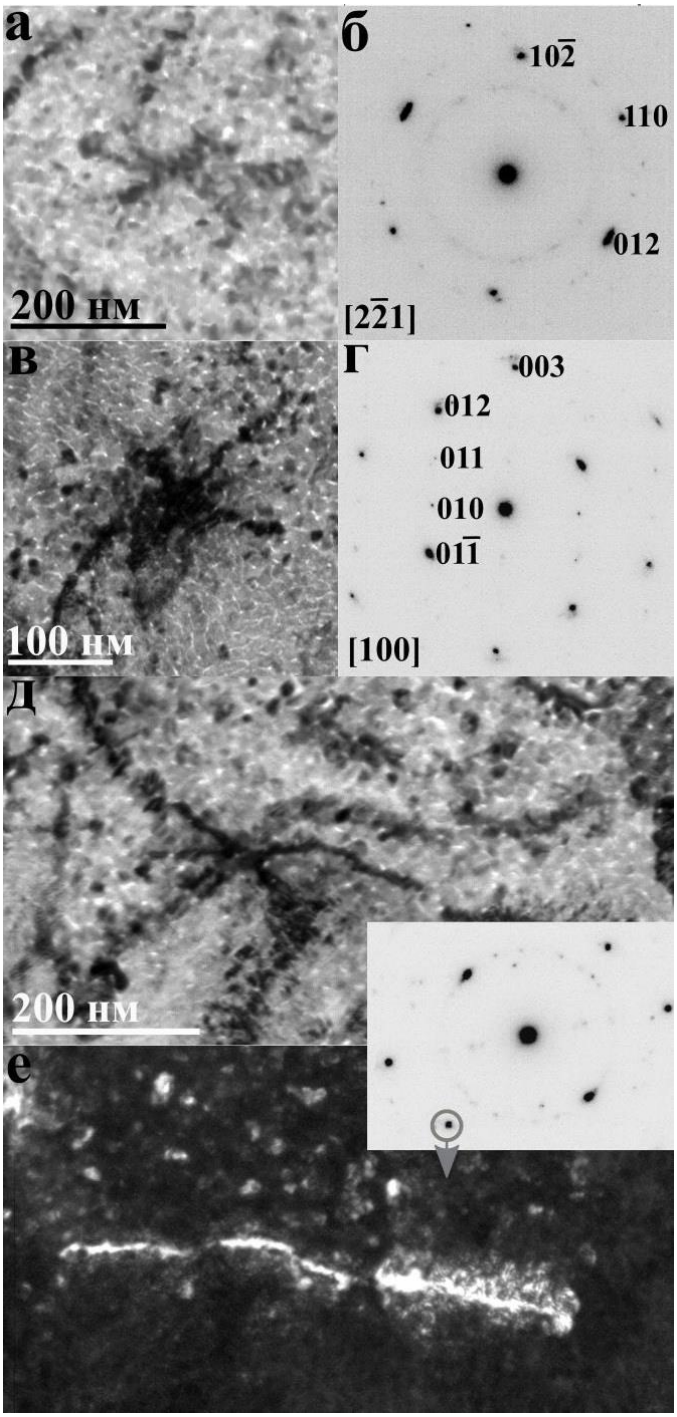


Рис. 1. а, в – ЗОК в пленке Bi-Te; б – соответствующая проиндицированная SAED, отвечающая ориентировке [2-21], г - SAED, отвечающая ориентировке [100]. д – ЗОК в ПЭМ-режиме светлого поля (SAED приведена на врезке); е - ЗОК в ПЭМ-режиме темного поля, снимок получен от указанного на SAED рефлекса.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-32-90255.

1. Kolosov V. Yu. and Tholen A. R., Acta Materialia, 48, pp. 1829-1840 (2000)

МНОГОФОТОННОЕ РАССЕЯНИЕ УКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА МНОГОАТОМНЫХ СИСТЕМАХ

Закаменных М.П.[1], Макаров Д.Н.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломносова
E-mail: zakamennih@yandex.ru

MULTIPHOTON SCATTERING OF ULTRASHORT PULSES OF AN ELECTROMAGNETIC FIELD BY POLYATOMIC SYSTEMS

Zakamennih M.P.[1], Makarov D.N.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomnosov

In this work, the multiphoton scattering of ultra-short electromagnetic field pulses (USP) on a linear chain consisting of identical atoms is investigated. It is shown that when scattering it is necessary to take into account multiphoton processes

Рассеяние света на веществе достаточно хорошо изучено в прошлом [1]. С классической точки зрения рассеяние света в веществе возникает в следствие ускоренного движения атомного электрона в электромагнитном поле. Таким образом, энергия падающей волны частично переходит в энергию рассеянной волны, т.е. происходит рассеяние. Для объяснения с квантово-механической точки зрения процессов рассеяния света (как упругого, так и неупругого рассеяния) обычно используют первый или следующий порядок теории возмущений [2]. Использование теории возмущений вполне оправдано, поскольку даже при очень интенсивном электромагнитном поле, вероятность рассеяния света на атомном электроне является не большой величиной.

Недавно в работе [3] было показано, что при рассеянии УКИ на многоатомных системах может существовать многофотонное рассеяние. В этой работе проводится подробное исследование рассеяния УКИ на линейной цепочке одинаковых атомов. Показано, что при определённом числе атомов в цепочке возникает многофотонное рассеяние УКИ. При меньшем числе атомов получается хорошо известная однофотонная теория рассеяния, а при большом числе атомов в цепочке теория переходит в классическую теорию рассеяния.

1. Landau L. D. , Lifshitz E. M., The Classical Theory of Fields. Vol. 2 (4th ed.) Butterworth-Heinemann, (1975).
2. Landau L. D. , Lifshitz E. M., Quantum Mechanics: Non-Relativistic Theory. Vol. 3 (3rd ed.), Pergamon Press, (1977).
3. Makarov Dmitry N., Quantum theory of scattering of ultrashort electromagnetic field pulses by polyatomic structures , Optics Express, Vol. 27, Issue 22, pp. 31989-32008, (2019)

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИФЕРРОМАГНИТНОГО ГЕЛИКОИДАЛЬНОГО УПОРЯДОЧЕНИЯ В НАНОСЛОЕ ДИСПРОЗИЯ В СОСТАВЕ СПИНОВОГО КЛАПАНА С СИНТЕТИЧЕСКИМ АНТИФЕРРОМАГНЕТИКОМ

Заворницын Р.С.[1], Наумова Л.И.[1, 2], Миляев М.А.[1, 2], Макарова М.В.[1, 2], Криницина Т.П.[1], Проглядо В.В.[1], Устинов В.В.[1, 2]

[1)] Институт физики металлов УрО РАН, Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: zavornitsyn@imp.uran.ru

INVESTIGATION OF ANTIFERROMAGNETIC HELICOIDAL ORDERING IN A DYSPROSIUM NANOLAYER AS PART OF A SPIN VALVE WITH A SYNTHETIC ANTIFERROMAGNET

Zavornitsyn R.S.[1], Naumova L.I.[1, 2], Milyaev M.A.[1, 2], Makarova M.V.[1, 2], Krinitsina T.P.[1], Proglyado VV.[1], Ustinov V.V.[1, 2]

[1)] Institute of Metal Physics UB RAS, Ekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Changes in the magnetotransport properties of a spin valve containing the CoFe/Dy/CoFe structure as a pinning layer were used to obtain information on magnetic ordering in a dysprosium layer.

Трехслойные структуры металл/Dy/металл и спиновые клапаны с синтетическим антиферромагнетиком (САФ) и наноструктурой CoFe/Dy/CoFe в качестве закрепленного слоя получены методом магнетронного напыления. Методами рентгеновской дифрактометрии и просвечивающей электронной микроскопии проведены исследования микроструктуры. В интервале температур 83 – 293 K измерено электросопротивление трехслойных структур металл/Dy/металл и получены полевые зависимости магнитосопротивления спинового клапана с САФ.

Особенностью спинового клапана с САФ является спин-флоп состояние, в котором при определенном значении приложенного магнитного поля (Hsf) магнитные моменты ферромагнитных слоев разворачиваются на угол 180° и устанавливаются перпендикулярно приложенному полю [1].

В данной работе это свойство используется для управления взаимным расположением магнитных моментов ферромагнитных слоев, окружающих слой диспрозия.

В слое диспрозия имеются кристаллиты, в которых [0002] перпендикулярно плоскости пленки. Такая ориентация является предпочтительной для наблюдения изменений магниторезистивных свойств спинового клапана, вызванных формированием антиферромагнитной геликоидальной структуры в диспрозии.

Магнитотранспортные свойства спинового клапана, содержащего структуру CoFe/Dy/CoFe, были использованы для получения информации о магнитном

упорядочении в слое диспрозия. Обнаружены характерные изменения магнитосопротивления, обусловленные формированием антиферромагнитного упорядочения в слое диспрозия.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. По данным структурных исследований слой диспрозия является поликристаллическим
2. По результатам измерений температурных зависимостей сопротивления трехслойных структур проведена оценка температуры Нееля для слоя диспрозия толщиной 200, 250, 400, 800 Å, окруженного слоями NiFeCr и CoFe.
3. Проведена оценка угла между магнитными моментами в верхней и нижней части слоя диспрозия.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме "Сплавы" АААА-А19-119070890020-3 и при поддержке РФФИ (грант 19-02-00057)

B. Negulescu, D. Lacour, M. Hehn, A. Gerken, J. Paul, C. Duret, J. Appl. Phys. 109, P. 103911(1-9) (2011)

XPS STUDY OF THE INTERACTION BETWEEN LINEAR CARBON CHAINS AND COLLOIDAL Au-NANOPARTICLES

Zhidkov I.S. [1], Kurmaev E.Z.[1, 2], Cholakh S.O.[1], Fazio E.[3], D'Urso L.[3]

[1)] Institute of Physics and Technology, Ural Federal University, Mira Street 19, 620002 Yekaterinburg, Russia

[2)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Russian Academy of Sciences, Ural Branch, S. Kovalevskaya Street 18, 620990 Yekaterinburg, Russia

[3)] Dipartimento di Scienze Chimiche, Universita` di Catania, Viale Andrea Doria 6, 95125 Catania, Italy

E-mail: i.s.zhidkov@urfu.ru

The results of X-ray photoelectron spectra (XPS) measurements of Au-colloidal nanoparticles (Au-NP) and Au-NP/linear carbon chain (LCC) structures (Au@LCC) prepared by nanosecond pulsed laser ablation in liquid water are presented.

It is well known that the stability and assembly of colloidal gold nanoparticles is very important for their practical applications. The colloid stability can be controlled by various methods such as electrolyte concentration, adjusting solution pH, adding different inorganic salts or dispersion medium. However, in all these cases the composition of the colloid system can be substantially modified. In connection with this the modification of nanostructured particle surface by certain organic molecules is of particular interest. This was the main reason for conducting XPS measurements of Au and Au@LCC nanoparticles prepared by pulse laser ablation (PLA) in water aimed at

studying the interaction of linearly chain carbon with Au nanoparticles. Our XPS measurements have shown that the Au 4f-spectra in Au@LCC are strongly modified in comparison with unreacted Au NPs due to strong interaction of linear carbon chains with Au NPs and formation of Au–C bond. We demonstrate the possibility of protecting chemically unstable low-dimensional systems by forming composites with linear carbon chains which increase the stability of Au NPs and prevents their agglomeration.

This study was supported by the Russian Science Foundation (Project 19-72-00001).

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНОЙ СИСТЕМЫ $[(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_{34}(SiO_2)_{66}/ZnO]_{112}$

Жилова О.В.[1], Панков С.Ю.[1], Макагонов В.А.[1], Фошин В.А.[1], Бабкина И.В.[1]

[1)] Воронежский Государственный Технический Университет, г. Воронеж, Россия
E-mail: zhilova105@mail.ru

THE ELECTRICAL PROPERTIES OF THE MULTILAYER SYSTEM $[(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_{34}(SiO_2)_{66}/ZnO]_{112}$

Zhilova O.V.[1], Pankov S.Yu.[1], Makagonov V.A.[1], Foshin V.A.[1], Babkina I.V. [1]
[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

It was shown that the change in the electrical resistivity of $[(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_{34}(SiO_2)_{66}/ZnO]_{112}$ films from their thickness is associated with the formation of a multilayer structure and a decrease in the specific number of conductive interface regions with increasing film thickness.

Тонкопленочные структуры $[(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_{34}(SiO_2)_{66}/ZnO]_{112}$ были получены методом ионно-лучевого распыления. Независимо распылялись поверхности двух мишеней: составная мишень пластина сплава $Co_{40}Fe_{40}B_{20}$ с навесками SiO_2 и мишень из полупроводника ZnO. Подложка была закреплена на карусели и циклически перемещалась относительно позиций напыления композита и полупроводника [1]. Толщины полученных пленок варьировались от 0,15 до 0,35 мкм, количество бислоев составило 112.

При анализе зависимости удельного электрического сопротивления от толщины пленки $[(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_{34}(SiO_2)_{66}/ZnO]_{112}$ (ρ(h)) в диапазоне толщин от 0,16 мкм до 0,24 мкм наблюдается значительное уменьшение ρ(h). Это может быть связано с формированием пространственной многослойной структуры. Если предположить, что основным каналом проводимости является интерфейс между широкозонным полупроводником (ZnO) и наногранулированным композитом, то формирование такой квазинепрерывной двухмерной области при образовании слоистой структуры приводит к существенному понижению удельного электрического сопротивления. При увеличении толщины слоев на единицу толщины

пленки число каналов проводимости уменьшается, следовательно, ρ(h) увеличивается.

На рисунке приведены температурные зависимости сопротивления пленок $[(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_{34}(SiO_2)_{66}/ZnO]_{112}$, которые должны отражать структурные изменения в образцах при кристаллизации [2]. Действительно, немонотонный ход зависимостей R(T) можно связать со следующими структурными превращениями: 300 ÷ 400 °C - переход материала из аморфного состояния в гетерогенное кристаллическое с образованием CoFe, оксида железа и оксида цинка; 400 ÷ 500 °C – с выделением фазы $CoFeO_2(BO_3)$; 500 ÷ 600 °C – с разложением фазы CoFe и выделением новой фазы Zn_2SiO_4. Причем с увеличением толщины реакции превращения сдвигаются в высокотемпературную область. В процессе охлаждения пленок зависимость R(T) имеет полупроводниковый ход.

Работа была выполнена при поддержке РФФИ (проект № 19-48-360010)

1. O.V. Zhilova, S.Yu. Pankov, A.V. Sitnikov, Y.E. Kalinin, M.A. Kashirin, V.A. Makagonov Optical and electrical properties of thin-film hetero-structures of the In_2O_3-ZnO system / Materials research express. Vol. 6. 086330. (2019).
2. Y.E. Kalinin, A.V. Sitnikov, I.V. Babkina, M.A. Kashirin, V.A. Makagonov, O.V. Zhilova Solid-Phase Transformations in Multilayered $(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_{34}(SiO_2)_{66}$–ZnO ($SnO_2$, In_2O_3) Films / Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. Vol. . 83(9). P. 1116-1121. (2019)

СЕКЦИЯ 3

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И РОБОТОТЕХНИКА

РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНОГО УСИЛИЯ И МОМЕНТА ПРОКАТКИ ДЛЯ СТАНА ЛИСТОВОЙ ПРОКАТКИ «ДУО-КВАРТО»

Абашев Д.Ю.[1], Бородин К.И.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 620002, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов им. Н. А. Михеева УрО РАН, 620108, Россия, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18
E-mail: abashev-dima@inbox.ru

CALCULATION OF THE MAXIMUM FORCE AND MOMENT OF ROLLING FOR THE SHEET ROLLING MILL “DUO-QUARTO”

Abashev D.Yu.[1], Borodin K.I.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, 19 Mira Str., Yekaterinburg, 620002, Russian Federation
[2)] M. N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 620108, Ekaterinburg, 18 S. Kovalevskoi Str., Russian Federation

The strength of the main elements of the mill such as: rolls, pillows, bearings, a pressure device, a bed is determined. Moreover, all elements except the bed satisfy the strength condition for maximum rolling force.

В данной работе описан листопрокатный участок, предназначенный для получения горяче- и холоднокатаного листового проката сплавов на основе цветных металлов таких как: медь, никель, цирконий, титан и т.д. При этом сортамент производимых листов включает в себя листы толщиной от 0,3 мм до 10 мм, шириной от 60 мм до 410 мм и длиной от 250 до 4055 мм. При этом прокатываются сплавы циркония: Э110, Э125, Э635, 110, 110Б и т.д., сплавы гафния: ГФЭ-1, ГФИ-1 и т.д., Сплавы титана: ВТ3В.

Листопрокатный участок базируется на комбинированном прокатном стане «Дуо-Кварто», который представляет собой одноклетьевой, реверсивный стан.

По полученному в предварительном расчете значению максимального усилия прокатки при известных размерах была определена прочность основных элементов стана таких как: валки, подушки, подшипники, нажимное устройства, станина. При этом все элементы кроме станины удовлетворяют условию прочности для максимального усилия прокатки. Следовательно, для определения действительного значения максимального усилия прокатки необходимо принимать в качестве исходного условия прочности станину прокатной клети, а именно её стойки, коэффициент запаса прочности для которых составил 4,96 при требуемом значении запаса прочности 10.

Так же была определена жесткость клети, так как именно жесткость клети во многом определяет возможность получения требуемых размеров проката, а также различных отклонений по форме. Исходя из расчета можно сделать вывод,

что жесткость клети составляет 2224,15 кН/мм и недостаточна для станов тонколистовой холодной прокатки [1].

1. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов, Металлургия (1985)

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРАЕВОГО УГЛА СМАЧИВАНИЯ

Алабердин Р.Р.[1], Волков А.С.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В.Ломоносова
E-mail: mrruzen519@gmail.com

DEVELOPMENT OF A HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR DETERMINING THE CONTACT ANGLE

Alaberin R.R.[1], Volkov A.S.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after MV Lomonosov

The contact angle is an important parameter of determining the adhesive properties of materials. it is the main parameter of a hydrophobic surfaces. We proposed a hardware-software complex, it allows measurements by various automatic methods. It also has a temperature control system.

Контактный угол является важной количественной характеристикой процесса смачивания [1]. Краевой угол смачивания определяет атомные и молекулярные взаимодействия между различными фазами вещества. Также краевой угол смачивания позволяет оценить степень гидрофобности либо гидрофильности поверхности материалов, а получение супергидрофобных материалов является перспективной областью исследований [2].

Для определения краевого угла смачивания применяется ряд методов. Метод лежащей капли - это статический метод определения угла смачивания капли по фотографии на неподвижной твёрдой поверхности. Метод прижатой капли предполагает определение краевого угла смачивания при прижатии капли капилляром [3].

Существующие измерительные комплексы для определения угла смачивания и других параметров жидкостей и поверхностей обладают рядом существенных недостатков, к которым относятся высокая стоимость, сложность настройки и технического обслуживания, малый диапазон регулирования температур, отсутствие локализованного программного обеспечения.

Разрабатываемый комплекс предназначен для определения характеристик смачивания различными методами. Аппаратная часть комплекса состоит из

платформы с регулируемым углом наклона, на которую с помощью системы подачи жидкости (рисунок) наносится капля.

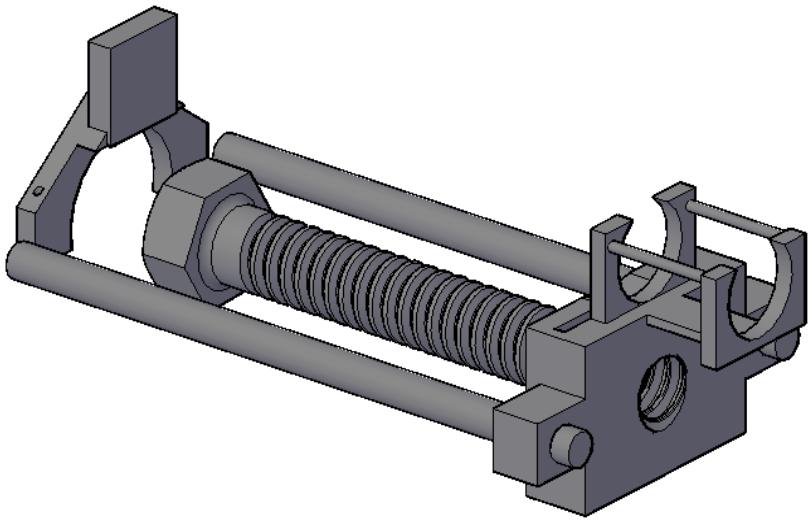


Рис. 1. Модуль системы подачи жидкости

Позиционирование места нанесения жидкости осуществляется за счёт перемещения системы подачи жидкости и отслеживается как визуально с помощью вспомогательной камеры, так и программно. Основная макро-камера позволяет получать изображения капли или её проекции от источника света регулируемой яркости в высоком разрешении. Платформа имеет функцию изменения температуры в достаточно широком диапазоне и её поддержания. Конструктивные элементы комплекса созданы с помощью FDM технологий.

Программное управление функциями установки осуществляется с помощью микроконтроллеров, датчиков, камер и сервоприводов. Программная часть представляет собой многофункциональный пользовательский интерфейс с возможностью выбора ручного или автоматического режима проведения измерения.

Разрабатываемая установка обладает рядом особенностей: позволяет работать в автоматическом и ручном режимах, определять параметры смачивания жидкости и поверхности, использовать различные методы определения угла смачивания, имеет функцию позиционирования и визуального наблюдения нанесения капли, обладает возможностью терморегулирования и поддержания температуры. Конструкция данного комплекса позволяет производить дальнейшую модификацию как программной, так и аппаратной частей.

Установка позволяет экспериментатору быстро и качественно, используя различные методы, определять поверхностные свойства веществ.

1. Адамсон А. Физическая химия поверхностей - М.: Мир (1979)

2. Kapustin S.N., Eseev M.K., Tsykareva Yu.V. AIP Conference Proceedings, 2174, 020108 (2019)

3. Нуштаева А.В., Мельникова К.С., Просвирнина К.М., Нуштаева С.А. Фундаментальные исследования, 2-13, 2855 (2015)

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ И КОНТРОЛЯ ЗАДАННОГО СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В ГАЗОВОЙ СМЕСИ $Ar+O_2$ В ГЕРМЕТИЧНОМ ПЕРЧАТОЧНОМ БОКС

Байнов И.Н.[1], Вылков А.И.[1], Шишкин А.В.[1]

[1)] Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Ivan-Bainov@mail.ru

DEVELOPMENT OF AN ELECTROCHEMICAL COMPLEX TO MAINTAIN AND CONTROL A GIVEN OXYGEN CONTENT IN AN AR+O2 GAS MIXTURE IN AN AIRTIGHT GLOVE BOX

Bainov I.N.[1], Vylkov A.I.[1], Shishkin A.V.[1]

[1)] Institute of High Temperature Electrochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

To solve the problems of determining the activity or concentration of oxygen ions and establishing the necessary values of oxygen content in gas mixtures, a gas complex based on an oxygen pump was developed and tested.

В настоящее время в рамках проекта Прорыв ведутся работы по переработке нитридного отработавшего ядерного топлива, включающие в себя ряд технологических процессов, осуществляемых в расплавах на основе LiCl. В ходе данных процессов из окружающей среды поступает кислород, взаимодействующий с реагентами и целевыми веществами [1]. Следовательно, необходим метод или устройство определения активности или концентрации ионов кислорода и задания необходимых значений содержания кислорода в газовых смесях. Для решения данных задач был разработан и опробован газовый комплекс, в основе которого находится кислородный насос.

Электрохимический комплекс вместе с боксом представляет собой замкнутую газовую систему, состоящую из следующих элементов, последовательно соединенных трубками (порядок перечисления элементов в тексте совпадает с порядком их расположения в установке по ходу движения газа): герметичный перчаточный бокс (1) объемом 0,4 $м^3$; кислородный сенсор (2), измеряющий содержание кислорода на выходе из бокса; циркуляционный насос (3); осушитель (4); регулятор расхода газа (5); кислородный насос (6); кислородный сенсор (7), измеряющий содержание кислорода после откачки кислорода из газовой смеси (перед подачей смеси обратно в бокс).

Исходный газ из герметичного бокса (1) подается на электрохимический сенсор (2), после чего проходит через циркуляционный насос (3) и осушитель (4). Далее газ проходит через регулятор расхода газа (5) и поступает на кислородный насос (6). На кислородном насосе происходит откачка кислорода из контролируемой газовой смеси в атмосферу, а далее газ поступает на электрохимический сенсор (7). Таким образом, осуществляется непрерывный контроль газа на выходе из бокса и на входе в него.

Температура термостата (8), в котором находятся кислородные сенсоры, поддерживается с помощью отдельного блока терморегулятора (9). Регулятор расхода газа контролируется отдельным блоком управления (10). Задаваемые температура и напряжение, поддерживаемые на насос, а также значения с кислородных сенсоров принимаются блоком автоматизации (11) и передаются на персональный компьютер (ПК).

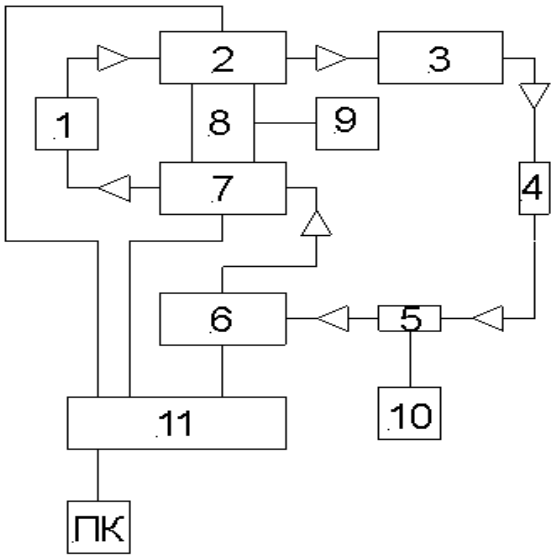


Рис. 1. Газовая схема разработанного комплекса

В процессе исследования были получены следующие результаты:

1. Разработан и собран электрохимический комплекс для поддержания и контроля заданного парциального давления в герметичном печаточном боксе.

2. Определены параметры работы кислородного насоса, обеспечивающие следующие основные технические характеристики:

- расход исходной газовой смеси до 4,8 л/ч;
- время выхода на рабочий режим не более 30 минут.

3. Были найдены зависимости содержания кислорода от подаваемого напряжения, рабочей температуры и расхода газа на примере аргона.

4. Показано, что разработанный комплекс способен уменьшить содержание кислорода в перчаточном боксе вплоть до 3,0*10^(-18) %.

Merwin A., Williamson M., Willit J., Chidambaram D., Journal of the Electrochemical Society, 164(8), H5236-H5246 (2017).

РАЗРАБОТКА ПОМЕХОЗАЩИЩЁННОЙ, КОМПАКТНОЙ, МНОГОДИАПАЗОННОЙ КОРОТКОВОЛНОВОЙ АНТЕННЫ

Орлов А.В.[1], Бардюг Д.Ю.[1], Елимова Т.В.[2], Ивашинюта Ю.И.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
[2)] Костромской государственный университет
E-mail: d.bardyug@narfu.ru

DEVELOPMENT OF A NOISE-PROOF COMPACT MULTIBAND SHORTWAVE ANTENNA

Orlov A.V.[1], Bardyug D.Yu.[1], Elimiva T.V.[2], Ivashinyuta Yu.I.[1]
[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov
[2)] Kostroma state University

The paper analyzes and simulates the results of a short-wave magnetic antenna for communication in the Arctic region. The advantages of communication in the HF band and the possible implementation of the antenna complex with the ability to work on two sub-bands of the short-wave spectrum are present

В связи с интенсивным развитием Арктики стали актуальными вопросы обеспечения надежной голосовой и телеметрической связи. Однако, обеспечение региона проводными каналами связи трудновыполнимо по разным причинам. В этом случае наиболее универсальной является радиосвязь.

Сегодня для передачи данных по радиоканалам в основном применяются каналы УКВ диапазона (спутниковые или наземные). Недостатки первого способа – это дороговизна содержания спутниковой группировки, сложность наземного приемопередающего оборудования и преимущественная сосредоточенность большинства спутников связи в экваториальных и средних широтах. Во втором способе УКВ связь применима только для ближней связи с использованием малогабаритных переносных радиостанций, что является недостаточным в условиях Арктики, где требуется обеспечивать надежную связь на расстояниях в сотни и тысячи километров.

Одним из вариантов организации связи в полярных регионах является использование диапазона коротких волн (КВ, частоты от 3 до 30МГц). Анализ основных свойств этого диапазона позволяет сделать вывод, что оптимальным решением задачи организации связи являются поддиапазоны 40 и 20 метров. В этом случае имеется возможность конструирования антенн, эффективно работающих в обоих поддиапазонах. При этом они обладают достаточной узкополосностью (высокой добротностью), что повышает чувствительность и снижает влияния шумов и помех. [1].

В качестве рабочего варианта была выбрана магнитная антенна, с индуктивность 2,45мкГн, выполненная в виде круглого алюминиевого обруча внешним диаметром 1 метр и диаметром трубки 20мм.

Для настройки антенны на требуемую частоту был изготовлен конденсатор переменной емкости с диапазоном от 14 до 310 пФ и рабочим напряжениями до 8,5 кВ. Это позволяет настраивать антенну в диапазоне частот от 5,77 до 27,17 МГц, а также подводить к антенне мощность более 100 Вт.. Внешний вид антенны и конденсатора представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Антенна и конденсатор

Основными достоинства разработанной антенны являются:

- Высокая помехозащищенность;
- Узкая диаграмма направленности;
- Узкополосность с возможностью перестройки в большом интервале частот;
- Компактные размеры;
- Ремонтопригодность;
- Отсутствие потребности в наличии заземления либо противовесов;
- Модульность

1. Орлов А.В., Бардюг Д.Ю., Елимова Т.В., Ивашинюта Ю.И. Физический вестник высшей школы естественных наук и технологий САФУ, вып. 19, (2019) находится в печати

РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКИ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ УСТРОЙСТВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ (ПЛИС)

Пирогов А.А.[1], Башкиров А.В.[1], Пирогова Ю.А.[1], Гвозденко С.А[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет

E-mail: okipr.vgtu@rambler.ru

THE DEVELOPMENT OF DYNAMICALLY RECONFIGURABLE DEVICES OF DIGITAL SIGNAL PROCESSING BASED ON FIELD-PROGRAMMABLE GATE ARRAY (FPGA)

Pirogov A.A.[1], Bashkirov A.V.[1], Pirogova Yu.A.[1], Gvozdenko S.A., [1]
[1)] Voronezh State Technical University

This article presents an analysis of digital signal processing techniques. As a result, RTL descriptions of IP-core modules of digital processors were obtained carried out by functional and physical verification.

Целью работы является разработка IP-ядра модели устройства цифровой обработки сигнала. Работа включает построение RTL описания и проведение верификации. Построенная модель реализует трансфертную и рекурсивную модификацию сигнала, децимацию и интерполяцию входных и выходных отчётов, осуществляет работу с внешними модулями I2S, АЦП, ЦАП. Общая структура цифрового фильтра на ПЛИС переставлена на рисунке ниже.

Цифровой фильтр содержит идентичные каналы итеративной обработки сигнала «Фильтр_N» где N номер канала, буфер-синхронизатор, контроллер блочной памяти, параллельно-последовательный порт, встроенный аудио кодек модуль I2S, «линк-порт» управления [1].

Параллельный и последовательный порт служит для чтения и записи регистров конфигурации модулей устройства, а также для доступа к памяти программ профилей обработки сигналов [2].

Линк-порт служит для быстрого управления режимами обработки сигнала путём передачи по 4-х битному параллельному интерфейсу номера, профиля для левого и правого канала.

Блок буфера-синхронизатора управляет, предназначен для синхронизации отдельных модулей, управления транзакциями данных.

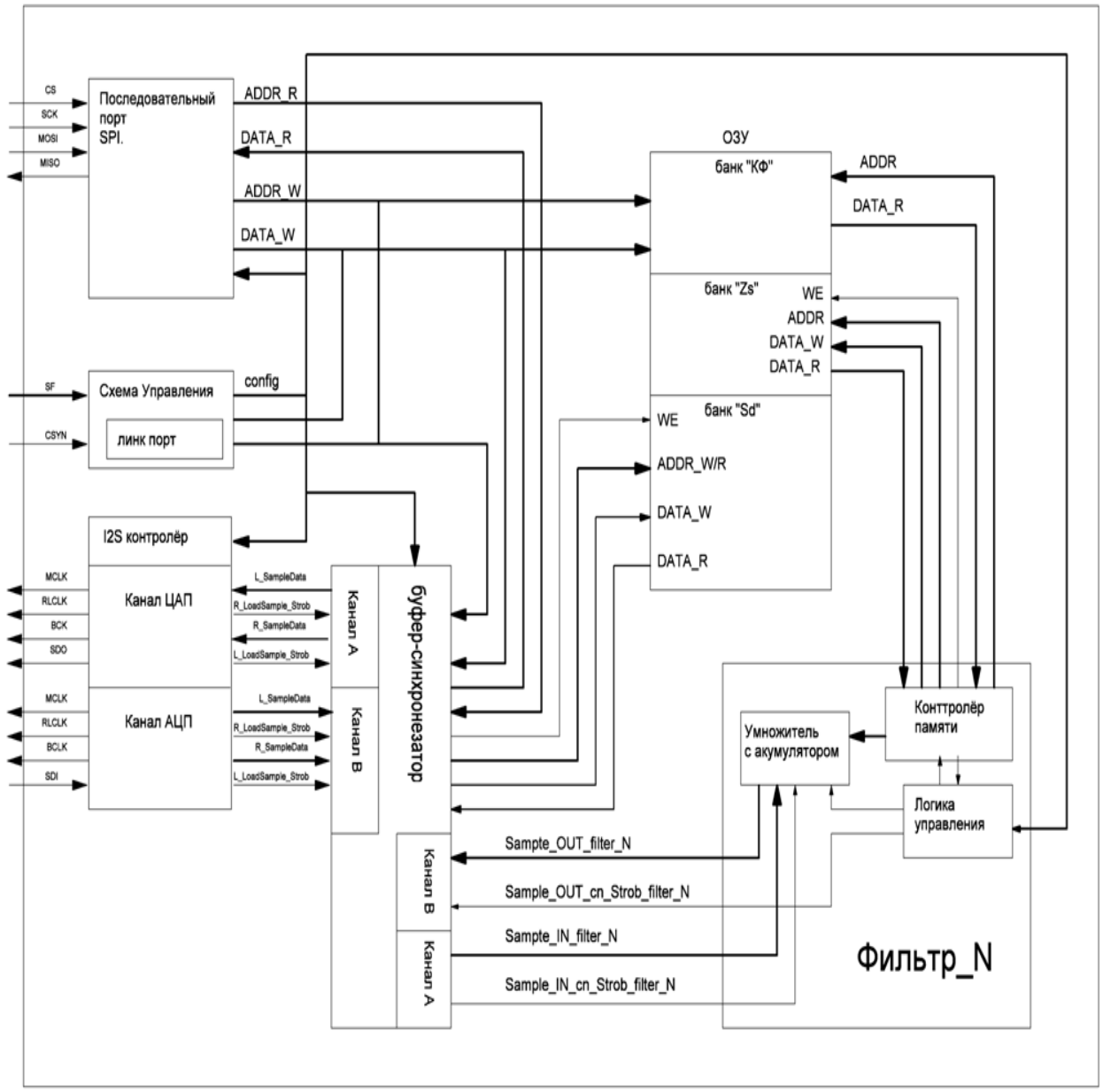


Рис. 1. Общая функциональная схема

1. Немудров В. Д. Системы на кристалле. Проектирование и развитие / В. Д. Немудров, Г.В. Мартин – М.: Техносфера, 2004.- 246 с.

2. Угрюмов, Е.П. Цифровая схемотехника : учеб. пособие / Е.П. Угрюмов. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2004. – 800 с.

РАЗРАБОТКА БЕЗЭЛЕКТРОЛИТНОГО ЭЛЕКТРОДА СРАВНЕНИЯ ДЛЯ КОРРОЗИОННЫХ ИЗЫСКАНИЙ

Бондарь М.А.[1], Латыпов О.Р.[1]

[1)] УГНТУ, Уфа, Российская Федерация
E-mail: mikhailbondar7@gmail.com

DEVELOPMENT OF NONELECTROLYTE REFERENCE ELECTRODE FOR CORROSION RESEARCH

Bondar M.A.[1], Latypov O.R.[1]
[1)] USPTU, Ufa, Russian Federation

The relevance of the development of nonelectrolyte comparison electrodes is because copper sulfate electrodes comparison used in cathodic protection systems of pipelines were not originally intended for operation on pipelines. Currently, there is an active development of new electrode modification

Медно-сульфатные электроды (МСЭ) сравнения в системах катодной защиты трубопроводов применяются уже более полувека. На момент начала их эксплуатации других электродов для коррозионных изысканий разработано еще не было. Принцип работы МСЭ, основанный на использовании насыщенного электролита в условиях длительной автономной эксплуатации в системах электрохимической защиты (ЭХЗ) трубопроводов, крайне отрицательно сказывается на сроке их службы и стабильности потенциала, особенно в грунтах с пониженной влажностью, содержащих хлорид-ионы, а также расположенных в зонах многолетней мерзлоты и глубокого промерзания почвы. Следует также отметить принципиальную несовместимость данных электродов с используемым в России методом вспомогательного электрода (ВЭ). Медь, попадая в грунт из МСЭ, оседает на поверхности ВЭ и приводит к его деградации. В результате получается, что ЭХЗ не тормозит, а ускоряет процессы коррозии [1]. По данным внутритрубной дефектоскопии, в грунтах с высокой агрессивностью скорость коррозии составляет более 1 мм/год, в то время как возможности ЭХЗ в лабораторных условиях оцениваются величиной порядка 0,01 мм/год, а в производственных – 0,1 мм/год.

Электроды сравнения – электрохимические системы, предназначенные для измерения электродных потенциалов. Необходимость их использования обусловлена невозможностью измерения величины потенциала отдельного электрода. Применяется, в частности, в составе электролитических ячеек. В качестве электрода сравнения может служить любой электрод в термодинамически равновесном состоянии, удовлетворяющий требованиям воспроизводимости, постоянства во времени всех характеристик и относительной простоты изготовления. Для водных электролитов наиболее часто применяют в качестве электродов сравнения следующие: водородный, каломельный, хлорсеребряный и оксидно-ртутный

электроды [2]. На данном этапе определяется возможность применения безэлектролитного электрода сравнения для лабораторных и полевых испытаний.

Бэзэлектролитный сухой электрод сравнения типа СЭС-1 для измерения потенциала грунта представляет собой пластину из пористой нержавеющей стали, электрически связанной резистором с анодом, выполненным из стали, имеющей более отрицательный потенциал в грунте, чем электрод. При установке в грунт электрод и анод замыкается сопротивлением грунта и под воздействием разности потенциалов между электродом и анодом возникает постоянный ток, величина которого определяется резистором. Под действием тока происходит выделение водорода из влаги грунта. По мере насыщения водородом влаги, прилегающей к электроду и находящейся в его порах, на электроде устанавливается стационарное значение потенциала. По принципу действия, основанному на наводороживании электрода, и протекающими при этом потенциалопределяющими электрохимическим реакциям, электрод СЭС-1 можно рассматривать как псевдоводородный. Электрод устанавливается стационарно в грунт с выводом измерительных проводов в контрольно-измерительный пункт (КИП).

1. Иванов Ю.А. Безэлектролитные сухие электроды сравнения для длительной автономной эксплуатации на трубопроводах / Территория Нефтегаз. Защита от коррозии. – 2017, №4. – С. 18-25.

2. Пат. 178871 Российская Федерация, МПКС23F13/00. Электрод сравнение длительного действия. / Худяков М.А., Латыпов О.Р., Смирнов Ю.М.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО УГНТУ. – № 2017112133; заявл. 10.04.2017, опубл. 20.04.2018, Бюл. № 11. – 5 с: ил.

УПРАВЛЕНИЕ МАНИПУЛЯЦИОННЫМ РОБОТОМ С ТРЕМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

Чупин И.А[1], Долгий Ю.Ф.[1], Сесекин А.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: mr.tchupin@yandex.ru

THE CONTROLLING OF THE ROBOT WITH THREE DEGREES OF FREEDOM

Chupin I.A.[1], Dolgii Yu.F.[1], Sesekin A.N.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg,Russia

The problem of controlling the manipulation robot is considered. The mathematical model of the manipulator is obtained. This model is described by a substantially nonlinear system of differential equations. A control algorithm having a two-impulse structure is proposed for this model.

Задача построения алгоритмов управления манипуляционными роботами представляет собой достаточно сложную проблему [1,2]. С увеличением числа степеней свободы возрастает число уравнений, описывающих манипулятор. Кроме того, система является существенно нелинейной, что осложняет ее исследование и построение алгоритмов управления. Цель управления манипуляционным роботом состоит в переводе его из начального положения в конечное. Существенная нелинейность математической модели, описывающей движения манипуляционного робота, не позволяет использовать методы математической теории управления, непосредственно, для исходной модели. Применение методов декомпозиции позволяют понизить размерность задачи управления, переходя к приближенным линейным или интегрируемым математическим моделям управления.

Искомые управления должны одновременно реализовывать две задачи: привести манипуляционный робот в заданное положение и погасить скорости в конечном положении. Дополнительные ограничения, накладываемые на его движения, позволили найти программные управления, используя принцип максимума Понтрягина [3]. В этом подходе энергии управлений на начальном участке движения используются для разгона робота, а на конечном участке - для его торможения. Сложность построения управлений связана с необходимостью достижения заданного положения. В данной работе предлагается времена разгона и торможения уменьшить. На участках разгона и торможения используются простое программное управление, реализуемое прямоугольными импульсами. На основном участке движения манипуляционный робот движется, используя внутреннюю энергию. Стратегия управления состоит в переводе робота из малой окрестности начального положения в малую окрестность заданного положения за счет его собственной внутренней энергии. Существование траектории, решающей

последнюю задачу, установлено в настоящей работе. Задача импульсных управлений на участке разгона – перевести манипуляционный робот на требуемую траекторию. Она решается подбором интенсивностей импульсов. Задача импульсных управлений на участке торможения – погасить скорости до нулевых. Она также решается подбором интенсивностей импульсов.

1. Kozowski K. Modelling and Identification in Robotics. Springer, 1998.
2. Chernousko F.L., Bolotnik N.N., Gradetsky V.G. Manipulation Robots: Dynamics, Control and Optimization. Boca Raton: CRC Press, 1994.
3. L.S. Pontryagin, V.G. Boltyanskii, R.V. Gamkrelidze, E.F. Mishchenko. The mathematical theory of optimal processes. Pergamon Press. 1964.

СТРУЙНАЯ ПЕЧАТЬ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЕНСОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА НИТРОСОЕДИНЕНИЯ

Чувашов Р.Д.[1], Вербицкий Е.В.[2], Хохлов К.О.[1], Баранова А.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт органического синтеза им. Постовского, РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: chuva.rd.13@gmail.com

INKJET PRINTING FOR FABRICATION OF SENSORS FOR NITROCOMPOUND DETECTION

Chuvashov R.D.[1], Verbitskiy E.V.[2], Khokhlov K.O.[1], Baranova A.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Organic Synthesis, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Results of the study on fabrication of nitrocompound sensor with use of inkjet printing is discussed. Results are evaluated on experimental stands for liquid and vapor phase applications.

Для контроля угроз от применения взрывчатых веществ востребованы приборы для поиска следовых количеств нитросоединений, в частности детекторы паров данных веществ. Одним из важных качеств продукта является информативность данных о детектируемом веществе для оператора. Способные к идентификации нитросоединений приборы более ценны по сравнению с детекторами нитросоединений возможностью определять ложноположительные случаи детектирования. Идентификация основана на применении нескольких флуорофоров в составе одного сенсорного элемента и алгоритмах распознавания образов.

В работе рассмотрен способ изготовления флуоресцентных сенсорных элементов при помощи струйного принтера. Исследован состав раствора

флуоресцентного красителя для печати, создана методика нанесения флуорофора на бумажный субстрат. Для оценки применимости методики в поиске нитросоединений в растворах были изготовлены тест-полоски и устройство считывания сигнала тушения флуоресценции. Для оценки применимости к детектированию паров сенсорные элементы был изготовлен экспериментальный стенд, на котором были получены кривые тушения флуоресценции под действием паров нитросоединений. Оценены пределы обнаружения нитросоединений при помощи данных методик. Исследован потенциал идентификации веществ при использовании сенсоров с несколькими флуорофорами. Построена модель классификации веществ на основе сенсорных данных.

1. Баранова А.А., Детектор следовых количеств нитросодержащих взрывчатых веществ, дисс. канд. техн. наук, Екатеринбург, УрФУ (2016).

2. Патент РФ №2013155413/28, 12.12.2013. Модуль непрерывного обнаружения следовых количеств взрывчатых веществ в воздухе // Патент России №146272, 2014, Бюл. №28. / Зырянов Г.В., Копчук Д.С., Ковалев И.С., Хохлов К.О., Хохлов Г.К., Чупахин О.Н.

3. Askim, J.R. et al., Optical sensor arrays for chemical sensing: the optoelectronic nose, Chem. Soc. Rev., Vol. 42, P. 8649 (2013)

4. Venkataramana G. et al., Synthesis, absorption, and fluorescence-emission properties of 1,3,6,8-tetraethynylpyrene and its derivatives, Eur. J. Org. Chem (2005).

5. Hastie T. et al., The elements of statistical learning, Springer, 2nd edit. (2009)

УСТРОЙСТВО НАГРЕВА ИССЛЕДУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРА PERKIN ELMER LS 55

Даринцев А.Е.[1], Моисейкин Е.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Физико-технологический институт, г. Екатеринбург 620002, Россия
E-mail: alecsey2020@gmail.com

SAMPLE HEATING DEVICE FOR PERKIN ELMER LS 55 SPECTROMETER

Darintcev A.E.[1], Moiseykin E.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Institute of Physics and Technology, Yekaterinburg 620002, Russia

The developed device that extends the functionality of the Perkin Elmer LS 55 spectrometer is discussed. This device allows one to study material samples thermoluminescence in linear heating and isothermal exposure modes.

Люминесцентный спектрометр LS 55 (Perkin Elmer, США) предназначен для измерения флуоресценции, фосфоресценции, хеми- или биолюминесценции веществ находящийся жидкой или твердой фазе. В базовой комплектации спектрометр позволяет выполнять исследование люминесцентных свойств материалов только при комнатной температуре [1].

С целью расширения функциональных возможностей люминесцентного спектрометра Perkin Elmer LS 55 в рамках магистерской диссертации выполнено проектирование и изготовление устройства нагрева для исследования термолюминесцентных свойств материалов, разработано специализированное программное обеспечение для управления процессом измерения.

Разработанное устройство представляет собой блок нагрева, размещаемый непосредственно в камере люминесцентного спектрометра, а также блок управления, в состав которого входят: источник питания, микроконтроллерный модуль управления и блок питания нагревателя. Микроконтроллерная модуль блока управления посредством интерфейса RS-232C соединяется со спектрометром, а при помощи интерфейса USB подключается к ПК, где содержится специально разработанное ПО для ОС Windows. Кроме того, блок нагрева, размещенный в камере спектрометра, используя силовые кабели соединен с блоком питания нагревателя. В качестве нагревательного элемента применяется нихромовая лента шириной 10 мм, что позволяет выполнить нагрев образцов исследуемых материалов соответствующего размера до 700 °C и выше.

Управление нагревательным элементом и измерительной частью спектрометра Perkin Elmer LS 55 выполняется микроконтроллером серии STM32L0 STMicroelectronics (архитектура ARM Cortex-M [2]), установленным в микроконтроллерном модуле. Программное обеспечение, разработанное в среде

STM32CubeIDE на языке C++, реализует два режима работы нагревателя: линейное увеличение температуры образца с заданной скоростью и его изотермическую выдержку. Кроме того, данное ПО производит информационное взаимодействие с спектрометром и ПК. МК принимая команды от ПК задает требуемые режимы работы нагревателя, а также формирует и отправляет управляющие команды для спектрометра. Поступающую измерительную информацию от спектрометра и данные о текущей температуре нагревателя передаются в ПК.

Программное обеспечение для ОС семейства Windows разработано в интегрированной среде разработки Visual Studio 2017 Professional. В качестве языка программирования применялся C#, с использованием платформы Windows Presentation Foundation (WPF). С помощью разработанного ПО выполняется управление режимами работы блока нагрева и спектрометром, посредством микроконтроллерного модуля устройства нагрева. Реализована отображение текущих параметров измерительной установки и визуализация процесса измерения спектров термолюминесценции исследуемых образцов материалов.

1 PERKINELMER LS 55 USER MANUAL. Режим доступа: https://www.manualslib.com/manual/1599589/Perkinelmer-Ls-55.html#manual. Дата обращения 29.12.2019

2 Микропроцессорная техника: введение в Cortex-M3: учеб.пособие / И.Н. Огородников. – Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, 2015. – 116 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БАРОМЕМБРАННОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДОБЫВАЕМОЙ ВОДЫ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ С ТЯЖЕЛОЙ НЕФТЬЮ

Еременко В.И.[1], Черепанов А.Н.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет
E-mail: eremenko.vyatcheslav@gmail.com

EXPERIMENTAL RESEARCH OF BAROMEMBRANE PROCESS FOR TREATING PRODUCED-WATER IN FIELD WITH HEAVY OIL

Eremenko V.I.[1], Cherepanov A.N.[1]
[1)] Ural Federal University

The article focuses on experimental investigation of Oil Produced Water (OPW) treatment. Method based on baromembrane filtration process. The object is to thoroughly study parameters and relations. For the experiment on the “Kamenka” oil rig usage was developed special filtration unit.

Темой доклада является технология высокоэффективной переработки попутно добываемой воды, получаемой при применении парогравитационного способа добычи нефти или SAGD [1,2]. Проблема разработки подобной технологии

сейчас стоит перед большим количеством нефтедобывающих компаний, по причине острой необходимости внедрения методов добычи сверхвязкой нефти.

Основными проблемами парогравитационного метода добычи нефтепродуктов являются большое потребление воды для нагнетания пара и большие объёмы попутно-добываемой воды.

В настоящее время не существует метода, однозначно решающего проблему переработки и/или утилизации попутно-добываемой воды [3].

Метод с использованием керамических мембран является одним из самых перспективных благодаря их физико-химическим свойствам.

В ходе исследования была спроектирована экспериментальная установка фильтрации и проведены испытания на поднятии «Каменка»; в Республике Татарстан.

В ходе экспериментального исследования было установлено, что межрегенационный период керамической мембраны при давлении в 1.5 атм. составляет 7 и более суток. Эксперимент был остановлен в связи с нехваткой времени, а не по причине снижения производительности до критического уровня, который был установлен в 100 л/ч на 1 мембрану, площадью 0.52 м^2

Лабораторные данные подтвердили отсутствие примесей в фильтрате. По данным лаборатории, содержание нефтепродуктов в фильтрате составило 0.1 мг/л, что соответствует требованиям воды для котельных.

Разработанная установка полностью удовлетворяет требования для рециклинга воды на месторождениях с применением парогравитационного метода добычи и обладает большим преимуществом перед полимерными мембранами и другими методами очистки. Основные из этих преимуществ – работа при высоких температурах, высокая степень очистки и долгий период работы без регенерации мембран. Результаты эксперимента подтвердили гипотезу, поставленную перед началом работ.

После обработки результатов эксперимента был получен ряд критических параметров, сильно влияющих на процесс очистки. С целью создания успешной системы, был проведен функциональный и конструкционный анализ процессов переработки нефти, с целью проработки функционала всего процесса.

Результаты экспериментов проверены на корреляцию. Системный подход позволил провести трассировку функциональной и компонентной схемы процесса, провести анализ требований стейкхолдеров и провести сравнение альтернатив. Проведенная работа позволяет построить систему требований к мембранным установкам, которая позволит разработать высокоэффективный процесс рециклинга попутно-добываемой воды, то значительно снизит уровень выбросов поднятия. С другой стороны, система рециклинга попутно-добываемой воды на поднятии позволит предприятию отказаться от потребления внешних водных ресурсов, объем которых может достигать десятки, а то и сотни тонн в сутки [4].

Авторы выражают благодарность компании ПАО «Татнефть», предоставившей возможность проведения испытаний непосредственно на поднятии, коллективу кафедры экспериментальной физики Уральского федерального университета за помощь

в обработке результатов и компании «ЗА – Инжиниринг» за предоставление образцов мембранных элементов.

1. Шандрыгин А. Н., Нухаев М. Т., Тертычный В. В. Разработка залежей тяжелой нефти и природного битума методом парогравитационного дренажа (SAGD) // Нефтяное хозяйство. – 2006. – №. 7. – С. 92-97.

2. Nasr T. N. et al. Novel Expanding Solvent-SAGD Process" ES-SAGD" //Journal of Canadian Petroleum Technology. – 2003. – Т. 42. – №. 01.

3. Weschenfelder S. E. et al. Evaluation of ceramic membranes for oilfield produced water treatment aiming reinjection in offshore units // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2015. – Т. 131. – С. 51-57.

4. Миронов Е.А. Закачка сточных вод нефтяных месторождений в продуктивные и поглощающие горизонты // М., Недра. -1976. -С. 176

КАЛИБРОВКА MEMS ИНЕРЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ, РАЗРАБОТКА УЛУЧШЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ ЭТАПА ПАКЕТНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

Глотов В.В.[1], Башкиров А.В.[1], Скитский Я.В.[1],
Привалова А.Э.[1], Демихова А.С.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет
E-mail: vadik-livny@mail.ru

CALIBRATION OF MEMS INERTIAL SENSORS, DEVELOPMENT OF IMPROVED ARCHITECTURE FOR THE STAGE OF BATCH TESTING

Glotov V.V.[1], Bashkirov A.V.[1], Skitsky J.V.[1], Privalova A.E.[1], Demikhova A.S.[1]
[1)] Voronezh State Technical University

This article describes the improved principle of operation of the accelerometer and gyroscope. The innovative architecture of the MEMS tester is presented.

Современные акселерометры и гироскопы являются MEMS-устройствами (Микроэлектромеханические системы (МЭМС)) с несколькими энергетическими датчиками, которые требуют калибровки и испытаний при наладке и запуске в серию как электрических, так и механических параметров. Для калибровки используют калибровочные стимулы (электрические и механические). Обычно эти два стимула генерируются независимыми частями оборудования: при этом используется так называемая таблица скоростей, которая придает движение к проверяемому устройству с помощью электродвигателей, и электрический тестер (обычно включающий в себя центральный процессор или микроконтроллер), который подает электрические сигналы и считывает выходные данные устройства. Центральный процессор выполняет вычисления, необходимые для калибровки и

тестирования, и контролирует перемещения таблицы скоростей. Обычно таблица скоростей и электрический тестер физически разделены и соединены линиями связи.

Предлагается улучшение архитектуры Advanced Testing Solutions (ATS) (автоматизированную тестирующую платформу) для этапа пакетного тестирования MEMS, который можно использовать в сочетании с самотестированием на кристалле или полностью автоматизированные системы тестирования, вместо добавления какого-либо оборудования к самому устройству, которое содержит микроэлектромеханические системы (МЭМС)

Представлена инновационная архитектура MEMS-тестера, подходящая для MEMS-акселерометров и гироскопов, которая перемещает некоторые интеллектуальные данные электрического тестера в саму таблицу скоростей. Данный подход основан на аппаратном блоке, который должен быть включен в таблицу скоростей. Этот модуль способен генерировать электрические стимулы и управлять выходом устройства для автономного управления процессом калибровки и тестирования. MEMS испытательное оборудование значительно выигрывает от этой архитектуры, так как

a) уменьшает количество данных, передаваемых от удаленного электрического тестера, минимизируя требования к проводам, особенно в случае высокого параллелизма тестирования;

b) расчеты тестирования выполняются непосредственно на таблице скоростей, что ускоряет этот процесс на порядки по отношению к его программному аналогу и преодолевает ограничения по частоте из-за длины провода.

Получающаяся архитектура тестера, таким образом, превосходит существующие по стоимости оборудования, поскольку она гарантирует более длительный срок службы расходных деталей, таких как провода, и, реализация данной системы на FPGA, обеспечивает масштабируемость и простое повторное использование ресурсов тестера для некоторых проблем калибровки и функционального тестирования. Кроме того, предлагаемое оборудование для испытаний позволяет достичь высокой степени параллелизма, которая фактически ограничена физическими размерами датчиков и оборудования.

1. Giulio D’Emilia, Antonella Gaspari, Fabrizio Mazzoleni, Emanuela Natale, Alessandro Schiavi: Calibration of tri-axial MEMS accelerometers in thelow-frequency range – Part 1: comparison among methods – Journal of Sensors and Sensor Systems

2. http://www.maths-in-industry.org/miis/633/1/p5_mms.pdf

ЛОКАЛЬНЫЙ И ОБЪЕМНЫЙ КОНТРОЛЬ ФАЗОВОГО СОСТАВА АУСТЕНИТНЫХ ХРОМО-НИКЕЛЕВЫХ СТАЛЕЙ

Кочнев А.В.[1], Ригмант М.Б.[1, 2], Корх М.К.[1]

[1)] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов им. М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: kochnevav@imp.uran.ru

LOCAL AND VOLUMETRIC PHASE COMPOSITION CONTROL OF AUSTENITIC CHROMIUM-NICKEL STEELS

Kochnev A.V.[1], Rigmant M.B.[1, 2], Korkh M.K.[1]
[1)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Comparison between volumetric and local magnetic methods of phase composition control of austenitic steels is made. Advantages and disadvantages of different approaches in ferritometry are shown.

Определяющим фактором, влияющим на качество аустенитных сталей, их эксплуатационные и технологические свойства, является фазовый состав материала, а именно содержание ферритной фазы (СФФ) и мартенсита деформации, возникающего при деформировании металла.

Для контроля содержания ферромагнитных фаз локальными и объемными способами в России и за рубежом широкое распространение получили магнитные методы [1].

Объемный контроль дает информацию о фазовом составе изделия в целом, чаще всего его используют для контроля качества сварного соединения. При этом, вырезаются образцы-свидетели диаметром 5 – 7 мм и длиной 60 мм с различной глубины шва. При локальном контроле проводится намагничивание отдельного участка изделия, измеряются поля рассеяния, магнитная проницаемость или сила отрыва калиброванного магнита от поверхности детали.

Авторами на протяжении длительного времени были разработаны и внедрены на производстве различные приборы для контроля фазового аустенитных сталей [2–5]. При этом в большинстве случаев требовалось проведение локального контроля, в то время как на некоторых предприятиях возникала необходимость в объемном контроле по образцам-свидетелям.

В обоих случаях контроль фазового состава проводился по измерениям полей рассеяния от намагниченного участка изделия либо образца. Для намагничивания применялись магниты из редкоземельного сплава (Sm-Co или Nd-Fe-B). В случае локального контроля использовались магниты диаметром 3 – 6 мм и высотой 6 – 10 мм, для проведения объемного контроля – диаметром более 60 мм, что давало возможность полного промагничивания образцов-свидетелей.

В некоторых случаях объемного контроля больших стальных листов использовались матричные элементы, состоящие из 8 – 10 постоянных магнитов. Измерительные элементы, в качестве которых применялись феррозондовые датчики либо преобразователи Холла, располагались в нейтральной (межполюсной) зоне.

Приборы фазового контроля аустенитных сталей, такие как ФМ-3 ИФМ, ФМ-2у, ФХ-3 ИФМ и другие внедрены более чем на двадцати предприятиях РФ.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Диагностика», № АААА-А18-118020690196-3)

1. Меринов П.Е., Кареева М.А. и др., Труды ЦНИИТМАШ, № 215, с.72–76, (1989)
2. Веденев М.А., Ригмант М.Б. и др., Дефектоскопия, № 3, с.3–9, (1994)
3. Ригмант М.Б., Ничипурук А.П., и др. Дефектоскопия, № 11, с.3–15, (2005)
4. Корх М.К., Ригмант М.Б., и др., Дефектоскопия, № 12, с.20–31, (2015)
5. Корх М.К., Ригмант М.Б., и др., Дефектоскопия, № 11, с.32–44, (2019)

3D РЕКОНСТРУКЦИЯ ДЛЯ ПРОТОТИПА КОМПЬЮТЕРНОГО ТОМОГРАФА С ИМПУЛЬСНЫМ РЕНТГЕНОВСКИМ ИСТОЧНИКОМ

Комаров Н.А.[1], Комарский А.А.[2], Корженевский С.Р.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

3D RECONSTRUCTION FOR THE PROTOTYPE OF A CT SCANNER WITH A PULSED X-RAY SOURCE

Komarov N.A.[1], Komarskiy A.A.[2], Korzenevskiy S.R.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Electrophysics of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

This paper shows a prototype of a computed tomographic scanner, which uses X-ray pulse generator as a radiation source. The X-ray pulse repetition rate reaches 5 kHz at the X-ray flash duration of 20 ns. An algorithm for restoring the 3D structure of the studied object is developed.

Компьютерная томография (КТ) — метод неразрушающего послойного исследования внутреннего строения объекта, основанный на измерении и компьютерной обработке разности ослабления рентгеновского излучения различными по плотности внутренними структурами исследуемого объекта. Основные сферы применения: медицина, дефектоскопия, досмотровый контроль. В современных спиральных томографах применяются рентгеновские трубки непрерывного действия, обладающие рядом недостатков.

На наш взгляд импульсные рентгеновские аппараты [1] позволят решить некоторые из них: во-первых, повысить разрешение за счет уменьшения

динамической нерезкости и увеличения отношения сигнал/шум, во-вторых, снизить дозу облучения пациента.

Создан прототип КТ с двумя импульсными рентгеновскими источниками, в которых формирование импульсов высокого напряжения происходит за счет полупроводникового прерывателя тока (SOS) [2]. Отличаются данные источники энергией в импульсе и максимальным напряжением. Импульсная рентгеновская трубка состоит из металлодиэлектрического катода гребенчатого типа и вольфрамографитового анода [3]. Обеспечивается стабильная генерация рентгеновских импульсов, частота следования достигает 5 кГц. Амплитуда импульсов напряжения составляет для одного источника 120 кВ, для второго 280 кВ длительность импульса тока на полувысоте составляет 20 нс и 40 нс соответственно.

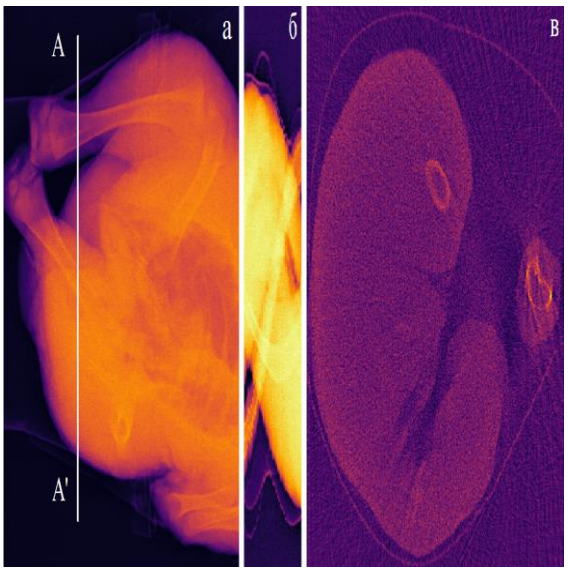


Рис. 1. Проекционное изображение объекта исследования (а), синограмма (б) томографический срез (в).

В эксперименте использован медицинский плоскопанельный детектор высокого разрешения CareStream DRX-1. Исследуемый объект закрепляется на шаговом двигателе. Минусом данной системы является то, что регистрации работает только в режиме, при котором можно получать одиночные фото. Для экспериментальных задач это увеличило время исследования, но не повлияло на качество полученных результатов.

Для получения срезов исследуемого объекта и построении его 3D модели написан алгоритм на языке программирования Python. Использование специализированных модулей и библиотек, созданных для научных расчётов, позволило существенно оптимизировать алгоритм. Пример среза исследуемого объекта (соответствует полосе AA’ на проекции) представлен на рисунке 1.

В ходе экспериментов прототип КТ показал высокую стабильность излучения и хорошую разрешающую способность (размер вокселя: 0,2 х 0.2 х 0.139 мм), доказывающих хорошую перспективу для использования разработанных импульсных рентгеновских источников для КТ сканеров.

1. Use of diagnostic nanosecond X-ray pulse apparatuses for diagnostics / S. Bayankin, I. Mozharova, V. Kuznetsov, S. Korzhenevskii and A. Komarskiy // Vestnik rentgenologii i radiologii, vol. 2, 2015, pp. 42 – 46.

2. High-frequency pulse generators based on SOS diodes with subnanosecond current cutoff time / S. K. Lyubutin, S. N. Rukin, B. G. Slovikovskii, S. N. Tsyranov // Instruments and Experimental Techniques, vol. 43, iss. 3, 2000, pp 331–338.

3. Komarskiy A.A. The pulsed x-ray radiation source based on a semiconductor opening switch with the focal point diameter of 0.5 mm and its application / Komarskiy A., Korzenevskiy S., Chepusov A., Krasniy O. //Review of Scientific Instruments 90, 095106 (2019); https://doi.org/10.1063/1.5087222

РАЗРАБОТКА АПК ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИМУЩЕСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАТЧИКА БИОМЕТРИИ

Коршаков Н.А.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия
E-mail: nikikorsh1998@gmail.com

DEVELOPMENT OF A PROPERTY PROTECTION HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX USING A BIOMETRIC SENSOR

Korshakov N.A.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

The article is devoted to the description of a property protection device using a biometric sensor and controlled by a microcontroller. The biometric sensor is more reliable in comparison with the usual PIN code. Microcontroller allows you to configure the device with multiple sensors.

В современном мире существует множество способ защитить свое имущество с помощью различных систем безопасности, которые используют защиту PIN-кодом или с помощью RFID меток. Недостатками этих способов является то, что взломать их с помощью специального оборудования не составляет особых проблем. Поэтому было решено сделать аппаратно-программный комплекс на базе микроконтроллера ATmega328P и датчика отпечатка пальца FPM10A, который можно интегрировать в различные системы.

Отпечаток пальца у каждого человека является уникальным и его невозможно подделать. Сканеры отпечатков пальцев, совместно с соответствующим программным обеспечением, широко применяются в больших корпорациях [1]. А их компактный размер позволяет использовать их для внедрения в разнообразные электронных устройствах. Датчика отпечатка пальца FPM10A является компактным и недорогим решением, позволяющим интегрировать его в различные

системы и одновременно использовать до 162 отпечатков пальцев, которые хранятся в памяти устройства. Для управления всей системой было решено использовать микроконтроллер ATmega328P.

Устройство представляет собой плату на базе микроконтроллера ATmega328P с выводами для подключения сканера, системой дополнительного питания, понижающим модулем, дополнительными выводами для модификации устройства дополнительными датчиками, USB портом и электронным реле.

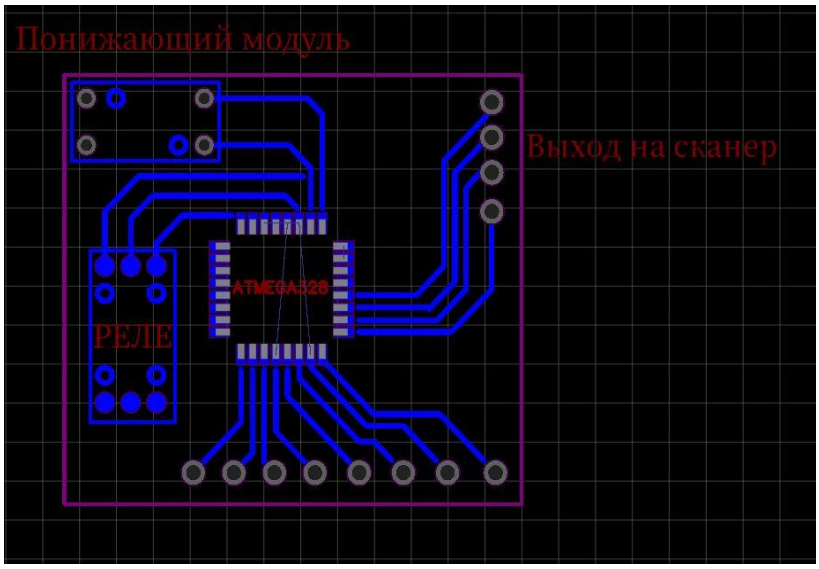


Рис. 1. Схема подключения

Схема подключения изображена на рисунке 1. При считывании отпечатка пальца со сканера FPM10A, микроконтроллер ATmega328P обрабатывает полученный сигнал и сравнивает его с хранящимся в памяти устройства. Сканер отпечатков пальцев FPM10A позволяет хранить до 162 отпечатков, что означает возможность использования системы не только для личного пользования, но и на предприятиях. В случае совпадения отпечатка с тем, что хранится в памяти, микроконтроллер подает сигнал на реле, которое в свою очередь выполняет функцию выключателя для системы безопасности. Сигнал с реле возможно направить на любое электронное устройство, будь это система включения света или электронный замок, который открывает дверь. Также, благодаря компактным размерам, устройство можно использоваться для установки в транспортные средства как дополнительная система защиты. Отсутствие беспроводного соединения позволит избежать удаленного взлома. Модульность системы позволяет улучшать устройство при необходимости.

1. Распознавание отпечатков пальцев. - Электрон. дан. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Распознавание_отпечатков_пальцев (дата обращения 15.12.2019). – Загл. с экрана

ПРОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДЕФЕКТОСКОПА ИНТРОТЕСТ-1М

Котельников А.В.[1], Бирюков Д.Ю.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: kotelok.andrey@gmail.com

PROGRAM MODEL OF THE ULTRASONIC FLAW DETECTOR INTROTEST-1M

Kotelnikov A.V.[1], Biryukov D.Yu.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The software model of the Introtest-1M ultrasonic flaw detector is designed to familiarize users with the control interface and the settings menu of the Introtest-1M flaw detector. The program also allows to measure the parameters of a given model signal.

Программная модель ультразвукового дефектоскопа Интротест-1М [1] применяется для ознакомления пользователей с интерфейсом управления и меню настроек дефектоскопа Интротест-1М, а также позволяет измерять параметры заданного модельного сигнала. Данная программа полностью моделирует принцип взаимодействия пользователя с дефектоскопом Интротест-1М. Программа содержит такие меню настроек, как: «Усиление», «Строб 1», «Строб 2», «ПЭП», «Экран», «Просмотр», «Опции» (рис. 1).

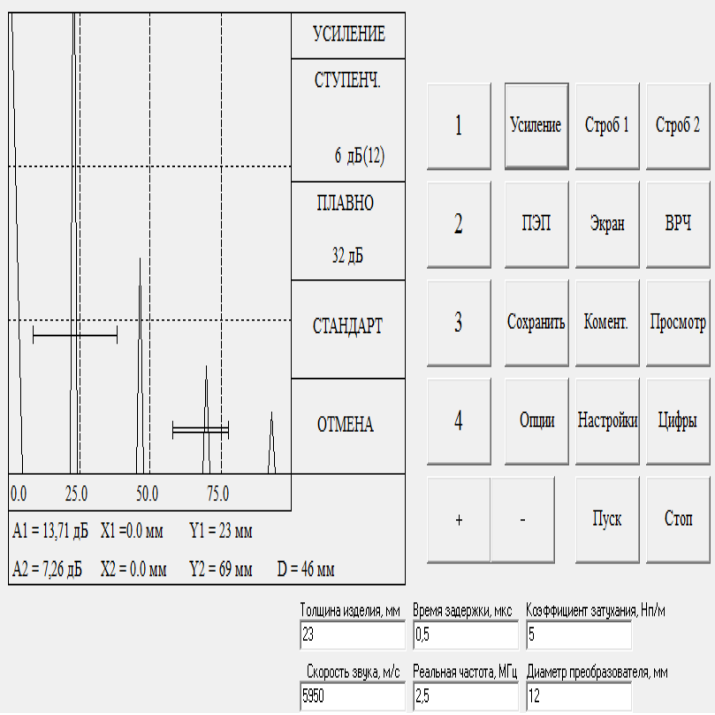


Рис. 1. Интерфейс ультразвукового дефектоскопа Интротест-1М

Все параметры в представленных меню можно изменять с помощью кнопок «+» и «-», а также с помощью непосредственного ввода, что приводит к соответствующему изменению отображения модельного ультразвукового сигнала на графическом интерфейсе, как это осуществляется в реальном дефектоскопе. Модельный сигнал рассчитывается формулам акустического тракта [2], и задается такими параметрами, как толщина изделия, время задержки в пьезоэлектрическом преобразователе, коэффициент затухания в материале, скорость звука в материале, частота пьезоэлектрического преобразователя, диаметр излучающей пьезопластины, а также формы волнового фронта в дальней и ближней зоне контроля. Возможность трансляции интерфейса программы на экране проектора и мультимедийных экранах позволяет демонстрировать работу дефектоскопа группе студентов с целью их практического обучения.

1. А.Ф. Зацепин, Д.Ю.Бирюков. Современные компьютерные дефектоскопы для ультразвуковых исследований и неразрушающего контроля. Учебное пособие. Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та (2016).

2. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. Ред. В.В. Клюева. Т. 3: Ультразвуковой контроль / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.

ВИРТУАЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ СТИМУЛЯЦИЕЙ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ

Красноборова Е.А.[1], Мартемьянов Н.А.[1], Вохминцев А.С.[1], Вайнштейн И.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: e.a.krasnoborova@urfu.ru

VIRTUAL INSTRUMENT OF LASER STIMULATION CONTROL FOR MEASURING CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS OF MATERIALS

Krasnoborova E.A.[1], Martemyanov N.A.[1], Vokhmintsev A.S.[1], Weinstein I.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A laser stimulation measuring channel was developed, calibrated and tested. During testing measurements, the current-voltage characteristics of semiconductor structures were analyzed without and under laser stimulation.

Последние технологические достижения в разработке лазеров открыли новые возможности исследовании различных материалов. Индуцированное лазерном излучение может быть локализовано в пространстве и времени, позволяя контролировать процесс воздействия на материал для изучения различных явлений. В рамках данной работы был откалиброван и протестирован разработанный канал лазерной стимуляции (КЛС) к измерительному комплексу по исследованию электрических характеристик полупроводниковых структур.

Программная часть КЛС реализована в среде графического программирования LabVIEW в виде цикла реального времени для встраивания в используемые при исследованиях виртуальные приборы (ВП): «VI 4Zond» для автоматизированных измерений удельных характеристик электрического сопротивления материалов и «VI RW MIM» для автоматизированного тестирования структур металл-диэлектрик-металл путем генерации импульсов чтения и/или записи с заданным количеством итераций. В ВП «LaserStim» реализована регулировка мощности лазерного излучения с использованием метода широтно-импульсной модуляции. Установка требуемого значения осуществляется через аналоговый выход платы сбора данных путем генерации последовательности положительных прямоугольных импульсов амплитудой 5 В с частотой 10 кГц и варьированием скважности в диапазоне 0…1. Имеется возможность управлять параметрами лазерной стимуляции в режиме реального времени.

При калибровке КЛС построена зависимость мощности лазерного излучения P от скважности q. Кривая P(q) аппроксимировалась полиномом и соответствующие калибровочные коэффициенты были прописаны в программе.

Для тестирования КЛС были измерены вольт-амперные характеристики (ВАХ) подготовленных полупроводниковых структур на основе образцов Si и нанотубулярного TiO_2. Проведен анализ ВАХ, определены электрические

характеристики тестируемых полупроводниковых структур в отсутствии и при стимуляции лазерным излучением.

1. I.B. Dorosheva et al., Proc. USBEREIT, p. 279-282, (2018)

МАГНИТОМЕТР ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ НА БАЗЕ АПС DIUS 1.15M

Ксенофонтов Д.Г.[1], Костин В.Н.[1, 2], Атласов М.Н.[1, 2]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: ksenofontov@imp.uran.ru

GENERAL PURPOSE MAGNETOMETER BASED ON HARDWARE-SOFTWARE SYSTEM DIUS 1.15M

Ksenofontov D.G.[1], Kostin V.N.[1, 2], Atlasov M.N.[1, 2]

[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of UrB of RAS, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University n.a. the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

Testing objects with magnetic methods, the remanent magnetization is important to measure. General-purpose magnetometer based on hardware-software system DIUS was developed. The measurement range of the magnetic induction was -40 ... +40 mT.

При проведении магнитного контроля изделий важным является контроль остаточной намагниченности. Особенно это важно при контроле валов, колёс, шестерней и других подобных деталей [1]. Одним из актуальных направлений в магнитном контроле является магнитная структуроскопия, где информативными параметрами служат параметры предельных и частных петель гистерезиса [2]. В аппаратно-программном комплексе DIUS при измерении параметров предельной пели гистерезиса образец контроля намагничивается до насыщения. После этого для отсоединения преобразователя изделие размагничивается с помощью переменного поля с убывающей амплитудой [3].

Для измерения нормальной и тангенциальной составляющей поля в изделии, а также измерения остаточной намагниченности были разработаны датчики и программное обеспечение на базе аппаратно-программного комплекса DIUS. В качестве чувствительного элемента использованы датчики Холла. Для уменьшения уровня шумов использован фильтр низких частот. Также для уменьшения погрешности применено программное усреднение по нескольким измерениям. Первоначальная градуировка выполнена на основании данных из технической документации на датчик Холла. Для оценки метрологических характеристик

использованы катушка индуктивности с известной постоянной, источник постоянного напряжения и мультиметр для измерения тока в катушке. На основе постоянной катушки и тока рассчитаны значения индукции магнитного поля в центре катушки. Градуировочная характеристика представлена на рисунке.

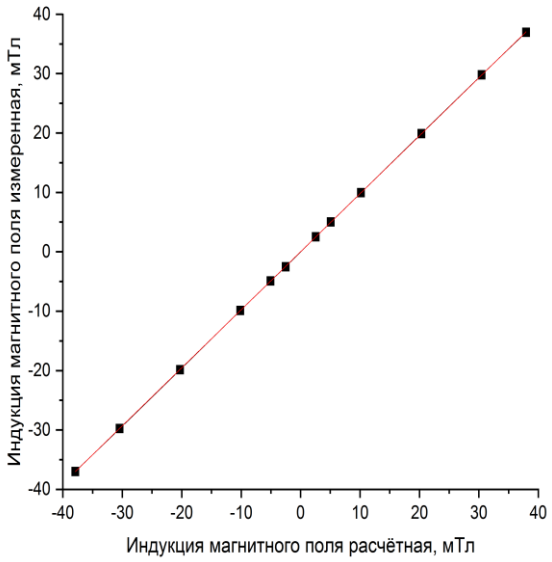


Рис. 1. Градуировочная характеристика датчика для измерения индукции магнитного поля

Диапазон измерений индукции магнитного поля составил -40 … +40 мТл, отклонение измеренных значений от расчётных не превысило 3%, коэффициент корреляции составил 0.999.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Диагностика», № АААА-А18-118020690196-3).

1.ГОСТ Р 56512-2015 Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Типовые технологические процессы

2.Костин В.Н. Электромагнитный контроль. Учебное издание. (2016).

3.Костин В.Н., Василенко О.Н., Бызов А.В. Дефектоскопия, 9, 47-53 (2018).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ С ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМОЙ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА

Лисовский Д.А.[1], Шарыпов К.А.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: danil.lisovsky@yandex.ru

PULSE POWER SUPPLY WITH ARBITRARY OUTPUT SIGNAL FORM

Lisovsky D.A.[1], Sharypov K.A.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Electrophysics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Pulse power supply with arbitrary output signal form can be used in special equipment. The device is based on the direct digital synthesis method.

Импульсный источник питания с произвольной формой выходного сигнала предназначен для применения в аппаратуре специального назначения. В основу прибора положен метод прямого цифрового синтеза.

Выходные характеристики устройства: импульсы отрицательной полярности амплитудой 20-90В; ток 2А.

Проект состоит из 4 модулей:

1) синтезатор произвольного сигнала
2) усилитель сигнала
3) импульсный трансформатор
4) блок питания

Модуль 1 (рис. 1) формирует импульсы с необходимыми фронтом и спадом. В его основе – микроконтроллер Atmega 324A, 2 регистра хранения и цифро-аналоговый преобразователь. Микроконтроллер может формировать передний и задний фронты независимо друг от друга по трём математическим функциям: линейной, экспоненциальной, логарифмической. Для этого в него предварительно загружаются 6 параметров – закон и скорость нарастания переднего и заднего фронтов, амплитуда, длительность импульса. При необходимости фронты можно сделать симметричными. Выбранная функция вычисляет массив 16-ти битных значений амплитуд. При поступлении на вход источника питания внешнего синхросигнала сформированный массив значений выводится на два 8-ми битных порта ввода-вывода. Далее значения с двух портов приходят на регистры хранения. Регистры поочерёдно получают два 8-битных числа и после синхронизации одновременно выдают их. Заключительным элементом модуля является цифроаналоговый преобразователь на основе резистивной матрицы R-2R.

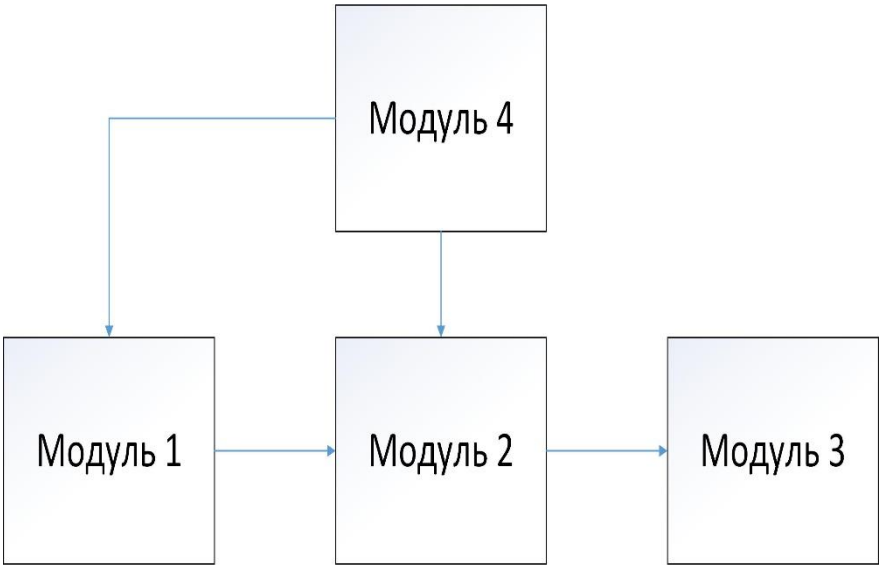


Рис. 1. Блок-схема модулей проекта.

Модуль 2 усиливает полученный с ЦАП сигнал по напряжению и по току. Усиление по напряжению с 5В до 50В обеспечивает операционный усилитель с высоким напряжением питания, по току с 40мА до 4А - биполярный транзистор, включенный по схеме с общим коллектором.

Модуль 3, представленный тороидальным импульсным трансформатором, требуется для усиления в 2 раза по напряжению, инвертированию сигнала и гальванической развязки силовой части от нагрузки в целях безопасности.

Модуль 4 подключается к сети 220В и обеспечивает как питание силовой части (операционный усилитель и повторитель на биполярном транзисторе) напряжением 48 В, так и микроконтроллера напряжением 5В.

При завершении проектирования всех модулей проекта, будет получено новое устройство, способное генерировать импульсы питания произвольной формы для аппаратуры, применяемой в различных отраслях электрофизики.

1. Матханов П. Н., Гоголицын Л. 3. Расчет импульсных трансформаторов. — Ленинград, издательство Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. — 112 с, ил. 40 к.

2. Ревич, Ю. В. Занимательная электроника / Юрий Ревич .— Санкт-Петербург :БХВ-Петербург, 2007 .— 592 с.

3. Трамперт, Вольфганг. Измерение, управление и регулирование с помощью AVR микроконтроллеров : практ. разраб. аппарат. и програм. средств для техники измерения и регулирования с применением микроконтроллеров AVR и ПК / Вольфганг Трамперт ; пер. с нем. А. Г. Эдигарова ; [гл. ред. Ю. А. Шпак] .— Киев : МК-Пресс, 2007 .— 200 с.

ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ ПС «БАЛТЫМСКАЯ» 110 КВ

Лыков Р.В.[1], Бородин К.И.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 620002, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов им. Н. А. Михеева УрО РАН, 620108, Россия, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18
E-mail: amor9797@mail.ru

RECONSTRUCTION PROJECT OF 110 KV «BALTYMSKAYA» SUBSTATION

Lykov R.V.[1], Borodin K.I.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, 19 Mira Str., Yekaterinburg, 620002, Russian Federation
[2)] M. N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 620108, Ekaterinburg, 18 S. Kovalevskoi Str., Russian Federation

In order to reduce the power shortage, the following was carried out: justification, reconstruction of the substation, selection of the main switchgear circuit; calculation of short circuit modes; selection of switching equipment; selection of relay protection for transformer.

В данной работе были рассмотрены вопросы реконструкции ПС Балтымская 110/35/10 кВ, которая необходима для повышения надёжности системы электроснабжения центральных Екатеринбургский электросетей. Актуальность реконструкции ПС Балтымская заключается в переводе на проектное напряжение одного из силовых трансформаторов, замене силовых трансформаторов на более мощные, в связи с увеличением потребления и замене устаревшего оборудования. На подстанции производим выбор нового электрооборудования для надежной работы системы и для экономии электроэнергии. Все электрические устанавливаемые аппараты проверены по условиям термической и электродинамической стойкости. При этом электрические аппараты в системе электроснабжения надежно работают как в нормальном длительном режиме, так и в условиях аварийного кратковременного режима, просты и компактны в конструкции, удобны и безопасны в эксплуатации. Проектом приняты силовые трансформаторы ТДН-16000- 110/10. Сторона 110 кВ укомплектовываем элегазовыми выключателями производства УЭТМ ВГТ-110II-40/2500У1, разъединители горизонтально-поворотные типа SDF-110/1600УХЛ1 компании АВВ, ТТ и ТН компании СВЭЛ г.Екатеринбрг.

Так как надёжная работа электроустановок немыслима без развитой энергетической системы, то имеет место правильное выполнение и настройка релейной защиты и противоаварийной автоматики [1]. Поэтому в работе произведён выбор релейной защиты и автоматики, выполненная с помощью микропроцессорного терминала БЭ2704V041, что дает возможность повысить чувствительность защит и значительно уменьшить время их срабатывания, что в совокупности с

высокой надежностью позволяет существенно снизить величину ущерба от перерывов в электроснабжении. Внедрение систем автоматизации на современной цифровой технике коренным образом повышает качество и надежность процессов производства, передачи и распределения электроэнергии [2].

Отметим, что реконструкция ПС «Балтымская» позволила решить такие проблемы как увеличение пропускной способности; повышение надежность и бесперебойность работы для потребителей данной подстанции и соседних узлов; перспектива внедрения новых технологических комплексов и средств автоматизации. Таким образом, ПС «Балтымская» отвечает всем требованиям, предъявляемым техническим задание на реконструкцию.

Исходя из сметно-финансового расчета затраты на реконструкцию составят порядка 300 млн рублей.

1. 1. Нормы технологического проектирования понижающих подстанций с высшим напряжением 35-750 кВ., Энергия, (2017)

2. 2. Ананичева С.С., Шелюг С.Н., Справочные материалы для проектирования: методическое пособие для выполнения выпускных квалификационных работ, Уральский федеральный университет, (2018)

ИЗМЕРЕНИЕ ЭНЕРГИИ РАЗРЯДА В УСТАНОВКЕ СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ МЕТОДОМ ИСКРОВОГО РАЗРЯДА

Максимов А. Д.[1], Бекетов И. В.[1, 2], Багазеев А. В.[1], Азаркевич Е. И.[1], Медведев А. И.[1, 2], Чолах С. О.[2], Расметьева А. В.[2]

[1)] Институт электрофизики Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: a.d.maksimov1415@gmail.com

MEASURING DISCHARGE ENERGY IN THE INSTALLATION OF NANOPARTICLES SYNTHESIS BY THE SPARK DISCHARGE METHOD

Maksimov A. D.[1], Beketov I. V.[1, 2], Bagazeev A. V.[1], Azarkevich E. I.[1], Medvedev A. I.[1, 2], Cholah S. O.[2], Rasmetyeva A. V.[2]

[1)] The Institute of Electrophysics of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A new method of waveform processing that has not been used before is proposed in order to determine the electrode drop in voltage and energy introduced into the discharge gap. The method can serve as a useful complement to existing methods.

В настоящее время, интенсивно развиваются методы получения наночастиц металлов и их соединений. Благодаря уникальным свойствам наночастиц,

связанным с их малыми размерами, найдено множество применений в различных областях науки и техники [1,2].

Одним из перспективных и активно развивающихся методов получения наночастиц является метод искрового разряда [3,4]. Основными преимуществами данного метода является возможность получения слабо агломерированных нанопорошков с размерами частиц 1-10 нанометров, с помощью несложного технического оборудования.

Определение энергии, вводимой в разрядный промежуток, является одним из важнейших этапов в понимании протекающих процессов при получении наночастиц. Помимо этого, данные измерения необходимы для определения оптимального режима работы установки, при котором будет соблюдаться баланс между скоростью получения наночастиц и эффективности использования энергии.

В данной работе разработана методика измерения энергии, выделяющейся в разрядных промежутках при искровом разряде, которая идет на синтез наночастиц. Методика основана на измерении напряжения на разрядных промежутках, производной разрядного тока, и определения параметров математической модели, связывающей напряжение с током и его производной, при помощи регрессионного анализа. Получены и проанализированы осциллограммы напряжения на электродах и производной тока. Определена доля энергии, идущей на образование наночастиц при разных емкостях и зарядных напряжениях контура.

Таким образом, в работе предложен новый, не использовавшийся ранее способ обработки осциллограмм с целью определения электродного падения напряжения и энергии, введенной в разрядный промежуток. Метод может служить полезным дополнением к существующим методам [5].

1. И. Г. Мотевич, Н. Д. Стрекаль, Инновационное применение флуоресцирующих наночастиц CdSe/ZnS в морфологии, Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI века, 1, (2019)

2. А. Б. Бучарская, Плазмонная фототермическая и фотодинамическая терапия опухолей с применением золотых наночастиц, Современные проблемы науки и образования 3, 194, (2019)

3. D. S. Portnov, I. V. Beketov, A. Larranaga et al., Vacuum, 132, 1-4, (2016)

Saeed Ahmad, Patrik Laiho, Qiang Zhang, Gas phase synthesis of metallic and bimetallic catalyst nanoparticles by rod-to-tube type spark discharge generator, 123, 208-218, (2018)

4. Д. А. Мыльников, В. В. Иванов, А. А. Ефимов, И. В. Бекетов, Методика измерения энерговыделения при импульсном газовом разряде в коротких межэлектродных промежутках, Метрология, 4, 51-59, (2015)

МОДУЛЬ ОПТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ШИРОКОЗОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МИКРОЗОНДОВОЙ СТАНЦИИ

Мартемьянов Н.А.[1], Красноборова Е.А.[1], Вохминцев А.С.[1], Вайнштейн И.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: n.a.martemianov@urfu.ru

OPTICAL STIMULATION MODULE OF WIDEGAP MATERIALS FOR MICROPROBE PLATFORM

Martemyanov N.A.[1], Krasnoborova E.A.[1], Vokhmintsev A.S. [1], Weinstein I.A.[1]
[1)] NANOTECH Centre, Ural Federal University, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia

The module for optical stimulation of samples during the measurement of electric characteristics using the microprobe MPS150 platform has been developed. The experimental installation includes a channel of 532 nm laser irradiation with possibility of variation in the optical power from 2 to 225 mW

Оптическая стимуляция образцов лазерным излучением открывает широкие возможности для модификации материалов и управления их свойствами. В зависимости от соотношения ширины запрещенной зоны и энергии лазерного излучения возможна трансформация свойств как в приповерхностных слоях, так и в объеме исследуемых образцов. Воздействие когерентным оптическим излучением может привести к образованию новых дефектов, а также стимулирует процессы миграции и перераспределения уже имеющихся дефектов различной природы. В настоящей работе был разработан экспериментальный канал оптической стимуляции образцов для использования при измерениях вольтамперных характеристик широкозонных материалов с эффектами резистивного переключения.

Модуль выполнен в рамках модификации измерительного комплекса на основе микрозондовой станции Cascade Microtech MPS 150. Программная часть модуля создана в среде программирования LabVIEW и реализована в виде дополнения к программе измерения электрофизических характеристик материалов [1]. В приложении имеется возможность программного включения/отключения лазера, а также изменения оптической мощности излучения от 2 до 225 мВт путем варьирования скважности управляющих импульсов.

Аппаратная часть установки реализована с помощью универсального измерительного модуля NI PXIe-6366. Сигнал управления с аналогового выхода поступает на вход блока накачки. Для подачи напряжения используется внешний источник питания. Лазер закреплен на поворотной площадке сменных объективов микрозондовой станции Cascade Microtech MPS 150. При проведении измерений в условиях оптической стимуляции предусмотрена установка источника излучения над исследуемым образцом.

1. 1. Вохминцев А.С., Белоусова Е.Ю., Минин М.Г., Чайкин Д.В., Вайнштейн И.А.Виртуальный прибор контроля и управления мощностью источника оптического излучения в линейно-модулированном режиме стимуляции для регистрации интенсивности люминесценции в твердых телах / Свидетельство о государственной регистрации ПрЭВМ, рег. №2013618202 от 03.09.2013. — М.: Роспатент, 2013.

ЭМА СИСТЕМА КОНТРОЛЯ С МАЛОЙ СИЛОЙ МАГНИТНОГО ПРИТЯЖЕНИЯ К ПОВЕРХНОСТИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ОБЪЕКТОВ

Михайлов А.В.[1, 2], Гобов Ю.Л.[2], Смородинский Я.Г.[1, 2], Симонов Н.А.[1]

[1)] ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия,
[2)] ФГБУН Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия
E-mail: mikhaylov@imp.uran.ru

EMA TESTING SYSTEM WITH A SMALL FORCE OF MAGNETIC ATTRACTION TO THE SURFACE OF FERROMAGNETIC OBJECTS

Mikhailov A.V.[1, 2], Gobov Yu.L.[2], Smorodinskii Ya.G.[1, 2], Simonov N.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

This work presents an electromagnetic-acoustic testing system with a small force of magnetic attraction to the surface of a ferromagnetic object. The magnetizing systems of the EMA transduces included in the testing system have optimal weight, size and magnetic characteristics.

Основным недостатком электромагнитно-акустического (ЭМА) метода неразрушающего контроля по сравнению с контактным ультразвуковым является необходимость использования в составе ЭМА преобразователей намагничивающих систем, создающих сильные намагничивающие поля. По этой причине существующие на сегодняшний день системы контроля (излучатель и приемник) обладают большими массогабаритными характеристиками и сильно притягиваются к поверхности ферромагнитного объекта контроля. Это существенно усложняет процесс снятия и установки диагностического оборудования на поверхность ферромагнетика, снижает эксплуатационные характеристики и представляет опасность для персонала. По этой причине является актуальной разработка системы контроля с уменьшенной силой магнитного притяжения к поверхности ферромагнитного объекта контроля.

Представленная в данной работе система ЭМА контроля состоит из излучающего ЭМА преобразователя, в состав которого включен П-образный магнит, создающий импульсное поляризующее поле [1], а также приемного ЭМА преобразователя с постоянным подмагничивающих полем, создаваемым постоянным [2] или электромагнитом (рисунок).

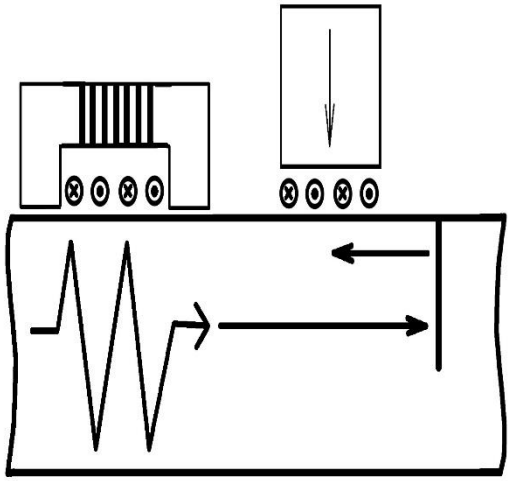


Рис. 1. Принципиальная схема системы контроля

Предложенная система позволяет при минимальных массогабаритных характеристиках и минимальном притяжения к ферромагнетику с большой эффективностью возбуждать принимать волны Лэмба и Рэлея, что открывает широкие перспективы для разработки новых приборов и устройств для волноводного контроля длинномерных ферромагнетиков.

Работа выполнена в рамках Г.р.№ АААА-А18-118020690196-3 (шифр «Диагностика»).

1. N.P. Aleshin, Yu.L. Gobov, A.V. Mikhailov, Ya. G. Smorodinskii, M.M. Syrkin, Russian J. of NDT, vol.50, p.133 (2014)
2. A.V. Mikhailov, Yu.L. Gobov, Ya.G. Smorodinskii, S.V. Shherbinin, Russian J. of NDT vol.51, p.467 (2015)

РАЗРАБОТКА МИКРО-ИМПУЛЬСНОГО ПЛАЗМЕННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Музюкин И.Л.[1, 2], Михайлов П.С.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: gmgm01@mail.ru

DESIGN OF MICRO PULSED PLASMA THRUSTER

Muzyukin I.L.[1, 2], Mikhaiov P.S.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Electrophysics of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The rapid development of space flights and the launch of a large number of miniature satellites - cubesats, created a demand for electric space thruster. In this work, a prototype of a small-sized pulsed plasma thruster is described and investigated.

Активное развитее космических полётов и запуск большого количества миниатюрных спутников – кубсатов, породили спрос на электрические космические двигатели [1]. В данной работе описан и исследован опытный образец импульсного плазменного двигателя небольшого размера.

Основная идея заключается в создании миниатюрного электрического двигателя и высоковольтного импульсного источника для его питания, которые могли бы использоваться в кубсатах и других микроспутниках. Отсюда следует, что масса двигательной установки не должна превышать 250 г, а средняя потребляемая мощность 5 Вт [2]. Конструкция двигателя проста; он состоит из металлического катода, анода и твердого изолятора между ними который используется в качестве топлива. Тяга создается потоком плазмы, получаемой импульсным поверхностям разрядом. В данном прототипе использовалась линейная конструкция электрода с зазором около 0,5 мм. В качестве материала для электродов можно использовать Cu или Al. В дополнение к двигателю было необходимо разработать источник питания, который мог бы генерировать импульсы высокого напряжения с амплитудой до 10 кВ и частотой от 1 до 50 кГц. При определённых параметрах импульса можно добиться рабочего режима с минимальной эрозией электродов, чтобы обеспечить высокую стабильность системы.

В итоге были исследованы следующие параметры системы: тяга, надежность, скорость потока ионов и их распределение в пространстве. Для определения скорости ионов и пространственной структуры потока ионов использовались малогабаритные детекторы, установленные под различными углами и расстояниями от двигателя. Крутильный маятник использовался для определения тяги.

1. Goebel, D. M. Fundamentals of Electric Propulsion: Ion and Hall Thrusters / D. M. Goebel, I. Katz.— Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology, 2008.— 486 p.
2. I. Kronhaus and K. Schilling, “Pico-satellite orbit and attitude control by electric propulsion,” vol. 46, pp. 277–282, 2013

УСТАНОВКА ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ ПИЩЕВЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ УСКОРИТЕЛЯ УРТ05-М

Недорезов М.Н.[1]

[1)] Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: maxnedor@yandex.ru

INSTALLATION FOR SURFACE STERILIZATION OF FOOD PRODUCTS USING THE URT 05-M ACCELERATOR

Nedorezov M.N.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The current development of radiation technologies makes it possible to revise their scope. A fast and energy efficient way of surface sterilization eggs and chicken meat and by-products on an industrial scale is being designed.

Метод радиационной стерилизации – это известный и изученный пример радиационных технологий, который обладает лучшими дезинфекционными способностями в сравнении с традиционными термическими и химическими методами, а иногда и единственным применимым [1].

Основными ограничениями для применения данного метода является дороговизна облучающих установок и изменение свойств облучаемого продукта под действием облучения. Поэтому целями настоящей работы были переход к поверхностной стерилизации продуктов и поиск дешевых аналогичных материалов и применение более экономных конструкторских решений. Для решения последней задачи наибольшее внимание будет уделяться следующим:

1) Возможность применения вакуумного диода для одновременного двухстороннего облучения [2];

2) Поиск замены конденсаторов и сердечника импульсного трансформатора на аналогичные, но более дешевые аналоги;

3) Применение горизонтальной компоновки расположения элементов для упрощения обслуживания установки и возможности ее размещения в помещениях с низкими потолками.

Ускорители электронов серии УРТ позволяют осуществлять набор дозы: 200-600 Гр за импульс, с регулируемыми частотами 1-300 Гц [3]. Замена

конденсаторов КВИ-3-12кВ–6800 пФ на конденсаторы типа DHS (Murata, Япония) позволила увеличить надежность и сделать конструкцию более компактной.

Кроме того, входе проведенных исследований [3] были изучены диапазоны дозовой чувствительности для трех патогенных штаммов бактерий рода Salmonella. Результаты показали полное уничтожение штампа при ПД до 3-5 кГр при использовании только поверхностной дезинфекции яиц, что снимает проблему изменения свойств содержимого яйца при облучении и существенно удешевляет стоимость ускорителя из-за снижения требуемой энергии электронов.

1. Саушкина А.С. Применение радиационной деконтаминации (стерилизации) в технологии стоматологических лекарственных пленок / А.С. Сушкина // Экспериментальные исследования. – 2012. – №38. – С. 97-101.

2. Ю.А. Котов, С.Ю. Соковнин, М.Е. Балезин // Вакуумный диод для двухстороннего облучения / патент РФ № 2233564, класс 7Н 05 Н 5/00, приоритет от 02,07,2002

3. Соковнин С.Ю. Наносекундные ускорители электронов для радиационных технологий. – Екатеринбург: Уральский ГАУ, 2017. – 42-46, 183-185 с.

РАЗРАБОТКА КВ ТРАНСИВЕРА ДЛЯ ГОЛОСОВОЙ СВЯЗИ И ПАКЕТНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Орлов А. В.[1], Бардюг Д.Ю.[1], Елимова Т.В.[2], Ивашинюта Ю.И.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
[2)] Костромской государственный университет
E-mail: a.orlov@narfu.ru

DEVELOPMENT OF HF TRANSCEIVER FOR VOICE COMMUNICATION AND PACKET DATA TRANSMISSION

Orlov Aleksey Viktorovich[1], Bardyug D.Y.[1], Elimiva T.V.[2], Ivashinyuta Y.I.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
[2)] Kostroma State University

The paper considers the design of a compact, inexpensive and universal transceiver for operation in the HF band, provides a block diagram of the device and a description of the functional parts and principles of its design.

При работе экспедиций и автономного контрольно-измерительного оборудования имеется необходимость в обеспечении надежного канала связи. Одним из вариантов является использование радиосвязи в коротковолновом (КВ) диапазоне.

К недостаткам выпускаемых промышленностью современных трансиверов, предназначенных для работы в указанном диапазоне, можно отнести следующие недостатки: высокое энергопотребление, большие масса и габариты, высокая

цена и стоимость обслуживания, что затрудняет их использование в экспедиционной деятельности и в качестве автономных радио модемов для передачи телеметрии.

В связи с тем, что в стране взят курс на импортозамещение было принято решение спроектировать и построить коротковолновый трансивер, удовлетворяющий следующим требованиям:

- использование отечественной элементной базы;
- низкая себестоимость;
- чувствительность при соотношении сигнал/шум 3 дБ - не хуже 0,25 мкВ;
- подавление зеркального канала - не менее 70 дБ;
- селективность по соседнему каналу - не менее 60 дБ;
- динамический диапазон по входу - не менее 100 дБ;
- перекрытие по частотам от 1,8 до 30 МГц;
- поддержка следующих видов модуляции: LSB, USB, CW, AM, FM;
- работа с цифровыми видами связи (например, FT6/FT8, RTTY и т.д.);
- регулируемая выходная мощность передатчика до 100 Вт;
- высокая ремонтопригодность;
- простота настройки.

В результате была разработана схема трансивера, удовлетворяющего заявленным требованиям. Функциональная блок-схема трансивера представлена на рисунке 1.

В основу работы устройства положен принцип цифровой обработки сигналов (DSP) на нулевой частоте. В роли центрального процессора применен 32-х разрядный высокопроизводительный микроконтроллер К1901ВЦ1QI производства АО «ПКК Миландр» (г. Зеленоград). Данный микроконтроллер имеет встроенный 16-и разрядный DSP сопроцессор, что позволяет производить формирование и декодирования.

Основным элементом аналоговой части трансивера является квадратурный модулятор-демодулятор, построенный на принципе фазового формирования SSB сигнала [1]. Модулятор-демодулятор выполнен на смесителях U1-U4 и фильтрах Z1-Z5.

В работе трансивера использовано тройное преобразование частоты. На первой промежуточной частоте (ПЧ), равной 10,7 МГц, происходит основная селекция, подавление несущей и ненужной боковой полос. Вторая ПЧ составляет 59,7 МГц. Использование высокой ПЧ позволяет обеспечить эффективное подавление зеркального канала во всем рабочем диапазоне. Выбор несущей частоты осуществляется с использованием перестраиваемого генератора G1.

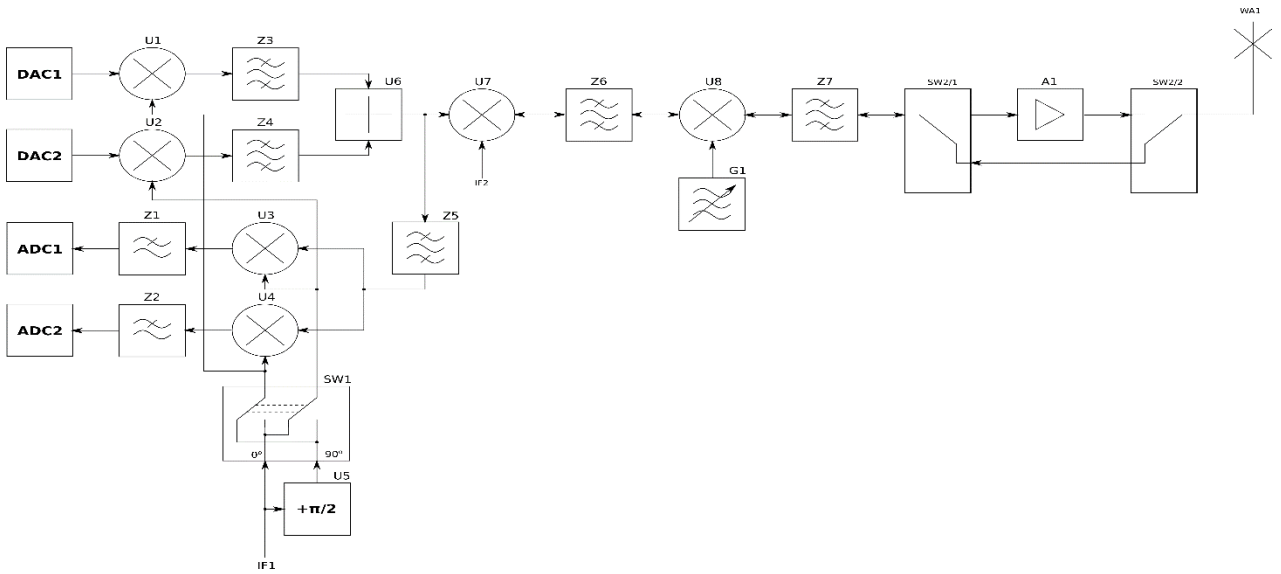


Рис. 1. Функциональная блок- схема трансивера

Все смесители и фильтры, примененные в трансивере, являются двунаправленными, что позволяет использовать основные функциональные узлы, как для передатчика, так и для приемника. Тип используемой модуляции выбирается программным способом путем формирования сигнала в DSP-ядре микроконтроллера.

Созданный трансивер удовлетворяет всем требованиям и отличается низкой себестоимостью.

1. Поляков В.Т Радиолюбителям о технике прямого преобразования .-Москва "Патриот" с. 54-60(1990)

РАЗРАБОТКА АППАРТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СОБСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ЗАМЕРЗАНИИ ВОДЫ

Островский В.В.[1], Гусаревич Е.С.[1], Орлов А.В.[1], Елимова Т.В.[2]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия
[2)] Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия
E-mail: v.v.ostrovsky@mail.ru

DEVELOPMENT OF A HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR STUDYING OWN ELECTROMAGNETIC RADIATION DURING FREEZING OF WATER

Ostrovsky V.V.[1], Gusarevich E.S.[1], Orlov A.V.[1], Elimova T.V.[2]
[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia
[2)] Kostroma State University, Kostroma, Russia

When water freezes, the ice-water phase boundary is electrically active, as a result of which electromagnetic pulses arise. The relevance of this work consists in the experimental study of the kinetics and morphology of nonequilibrium ice growth, which has both fundamental and applied value.

Еще в прошлом столетии было установлено, что при кристаллизации воды на фазовой границе формируется двойной электрический слой, состоящий из ионов. Он вызывает появление значительной разности потенциалов между твердой и жидкой фазами. Неравномерное движение морфологически неустойчивой и электрически активной фазовой границы лед-вода способно вызвать собственное электромагнитное излучение (ЭМИ). Число электромагнитных импульсов равно числу зародившихся моноблоков льда [1].

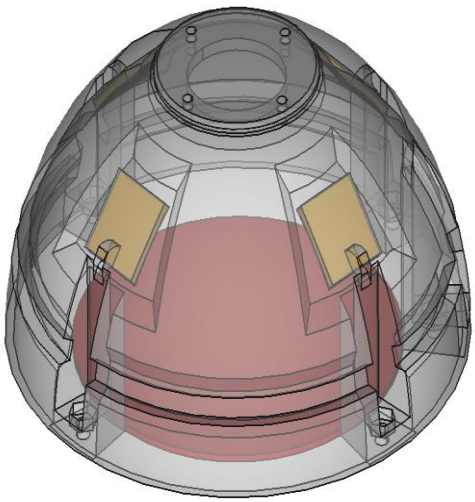


Рис. 1. Вид АПК

Разработан аппаратно-программный комплекс (АПК) , с помощью которого можно фиксировать количество импульсов, что позволяет найти важную характеристику поликристалла, такую как концентрация моноблоков в единице объема, а так же, проведя триангуляцию, с применением нескольких антенн, можно компьютерным анализом перейти к распределению монокристаллических блоков по их объему.

Основные характеристики разработанного АПК:

- 4 измерительных канала;
- подавление синфазных помех не менее 120 дБ [2];
- полоса фиксируемых частот от 0.01 Гц до 20 кГц [2];
- диапазон амплитуд измеряемых сигналов лежит в интервале от 0мкВ до 1.25 мВ с оценочной точностью измерения 0.02 мкВ (глубина оцифровки 16 бит);
- интерфейс подключения к компьютеру: USB;
- напряжение питания 5В.
- возможность регистрации как через электрическую, так и через магнитную составляющую ЭМИ

1. Шибков А А, Желтов М А, Королев А А, Растущий лед - источник электромагнитного излучения, Вестник ТГУ, 6, 162-169, (2001)

2. Спецификация INA2128

АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МАГНИТНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ СТАЛЬНОГО ПРОКАТА

Пастухов А.Б.[1], Губанов Я.В.[1]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН,
г. Екатеринбург, Россия
E-mail: s11150@yandex.ru

SIGNAL PROCESSING ALGORITHMS FOR INCREASING THE RESOLUTION OF MAGNETIC FLAW DETECTION OF ROLLED STEEL

Pastukhov A.B.[1], Gubanov Y.V.[1]
[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics

In modern steel products, such as rails, pipe billet (rod), pipe, various methods of nondestructive testing are used. The most promising method of nondestructive testing is the method of magnetic flaw detection using anisotropic magnetoresistive sensors of the AMRD type [1].

На современных производствах стального проката, таких как рельсы, трубная заготовка (пруток), труба, используются различные методы неразрушающего

контроля. Наиболее перспективный метод неразрушающего контроля – метод магнитной дефектоскопии с применением анизотропных магниторезистивных датчиков типа АМРД [1].

Электрические сигналы с АМРД передаются через аналого-цифровой преобразователь в компьютер для визуализации и последующей обработки. Основной задачей обработки сигнала является увеличение отношения сигнал/шум для последующей обработки сигнала.

В данной работе использованы такие методы математической обработки, как цифровые фильтры с конечной импульсной характеристикой и функции сглаживания сигналов. Применение указанных методов оказалось недостаточно. Проведена работа по совмещению нескольких методов обработки и разработан дополнительный алгоритм обработки для увеличения отношения сигнал/шум.

Новый алгоритм был использован для обработки сигналов при дефектоскопии проката с вращательно поступательным движением объектов [2]. Он основан на вычислении разности между двумя соседними экстремумами сигнала. Поскольку направление вращения трубы заранее определено, то положительные разности соответствуют дефектоподобным сигналам. Отрицательные разности исключаются. Следует отметить, что алгоритм работает в реальном времени. На рис.1 а) приводится графическое пояснение работы алгоритма.

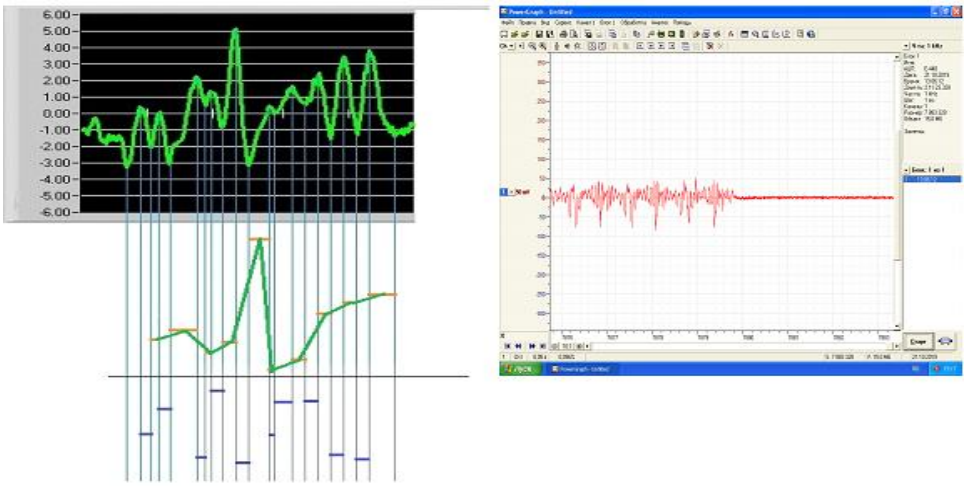


Рис. 1. Сигналы от дефектов: а) графическое пояснение работы алгоритма; б) дефектограмма оборотов прутка в соленоиде

На рис. 1 б) дефектограмма снятая в лабораторных условиях с поверхности прутка. Поверхность прутка обработана дробеметным методом, что приводит к большой зашумленности сигнала.

Данная методика совместно с применением математических функций обработки позволяет повысить отношение сигнал/шум. Совместное применение указанных выше алгоритмов позволит в дальнейшем регистрировать дефекты в стальном прокате таких как трубная заготовка (пруток).

1. 1. Булычев О.А. Шлеенков А.С. Двухкомпонентный матричный преобразователь магнитного поля // Патент на изобретение № 2290654, опубл. 27.12.2006. Бюл. № 36.

2. 2. Булычев О.А. Шлеенков С.А. Шлеенков А.С. Многоканальная магниторезистивная система магнитного контроля бесшовных толстостенных труб // Дефектоскопия. – 2018. - №10. – С. 58 – 63.

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ РЕЗОНАНСНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР С ИНВЕРТОРНЫМ ИСТОЧНИКОМ ПИТАНИЯ

Патраков В.Е.[1], Лобанов Л.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: vitpatrakov@gmail.com

HIGH VOLTAGE RESONANT TRANSFORMER WITH INVERTER POWER SUPPLY

Patrakov V.E.[1], Lobanov L.N.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The high voltage power supply for continuous operation based on an inverter-exited resonant transformer has been constructed. Peak voltages of 205 kV and output power of 1.5 kW were achieved.

Высоковольтные источники питания широко применяются в современной технике. Они используются для создания ускоряющих напряжений в ускорителях частиц и анодных напряжений в рентгеновских источниках, для генерации плазмы, и в других применениях. При этом возникает необходимость в создании источников высокого напряжения, способных обеспечивать на выходе непрерывную мощность от сотен Вт до единиц кВт при напряжениях до сотен кВ. Классический подход заключается в использовании высоковольтного трансформатора, выполненного на стальном или ферритовом сердечнике [1]. При этом возникает необходимость использования дополнительной межслойной изоляции витков вторичной обмотки и изоляции сердечника. В то же время в устройствах импульсной энергетики находят применение источники высоковольтных импульсов на основе трансформатора Тесла, представляющего из себя два колебательных контура, настроенных на общую резонансную частоту [2,3]. В данной работе использован схожий подход, заключающийся в использовании резонансного трансформатора с воздушным сердечником, источником питания которого является высокочастотный полупроводниковый инвертор. В такой схеме за счет резонанса напряжений удается создать незатухающее синусоидальное напряжение амплитудой более 200 кВ без использования ферромагнитного сердечника. Вторичная

обмотка состоит из одного слоя эмалированного медного провода, поэтому необходимость в межслойной изоляции также отпадает.

В ходе исследования была сконструирована экспериментальная установка, состоящая из инверторного преобразователя и резонансного высоковольтного трансформатора. Инверторная часть устройства представляет собой полумост на IGBT-транзисторах. Схема управления транзисторами состоит из задающего генератора и мощных драйверов затворов IGBT и обладает функцией ручной подстройки частоты для обеспечения условия резонанса при различных нагрузках. Питание инвертора осуществляется через мостовой выпрямитель от сети переменного тока 220 вольт. Выход инвертора подключен к первичной обмотке резонансного трансформатора. Коэффициент связи первичной и вторичной обмоток подобран для оптимальной работы и составляет 0.23.

Высоковольтная часть состоит из вторичной обмотки и помещенного на ее верхний конец емкостного элемента (металлического тора). Емкость тора, индуктивность рассеяния вторичной обмотки и взаимная индуктивность обмоток образуют во вторичной цепи последовательный колебательный контур, создающий высокое напряжение на торе путем резонанса напряжений. При рабочей частоте в 178 кГц на выходе ненагруженного трансформатора удалось получить напряжение амплитудой до 205 кВ. При работе трансформатора на высокочастотный коронный разряд мощность в разряде составила 1.5 кВт при амплитуде напряжения 90 кВ и частоте 200 кГц.

Таким образом, показана возможность работы резонансного трансформатора для получения незатухающих высокочастотных колебаний высокого напряжения. Получена высокочастотная мощность 1.5 кВт при напряжении 90 кВ.

1. J. A. Martin-Ramos, A. M. Pernia, J. Diaz, F. Nuno and J. A. Martinez, IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 23, pp. 1608-1619 (2008)

2. G. A. Mesyats, V. G. Shpak, M. I. Yalandin and S. A. Shunailov, Digest of Technical Papers. Tenth IEEE International Pulsed Power Conference, vol. 1, pp. 539-543 (1995)

3. Y. Liu, L. Lee, Y. Bing, Y. Ge, W. Hu and F. Lin, IEEE Transactions on Plasma Science, vol. 41, pp. 3651-3658 (2013)

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ИНТЕРФЕЙСНАЯ КАРТА ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С КАНАЛОМ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Переверзева А.А.[1], Слесарев А.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: a.i.slesarev@urfu.ru

MULTIPURPOSE INTERFACE FOR INFORMATION-MEASURING SYSTEMS WITH GPIB

Pereverzeva Anna Andreevna [1], Slesarev A.I.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This abstract is devoted to the development of an interface card which can link elements of information-measuring systems with General Purpose Interface Bus (IEEE-488). Main characteristics and basic features of the developed device are described in this paper.

Канал общего пользования (КОП) – приборный интерфейс, обеспечивающий асинхронный байт-последовательный бит-параллельный обмен информацией между различными компонентами системы. Такой интерфейс имеет ряд преимуществ: не требует больших аппаратных затрат, позволяет подключать устройства, отличающиеся по быстродействию, обеспечивает создание программных средств на языках высокого уровня.

При создании информационно-измерительных системы часто требуется включать в ее состав устройства, не имеющие встроенных средств поддержки интерфейса КОП, что вызывает необходимость разработки специальных плат сопряжения, которые носят название «интерфейсных карт». Как правило такие карты ориентированы на конкретный тип модуля и позволяют подключать к КОП не более одного устройства.

Настоящая работа посвящена разработке универсальной интерфейсной карты, предназначенной для сопряжения нескольких устройств различного типа, не имеющих встроенных средств поддержки канала общего пользования. Интерфейсная карта (ИКАР) состоит из 3 функциональных блоков, представленных на рисунке 1.

Блок электрического и информационного сопряжения предназначен для реализации основных интерфейсных функций КОП и буферизации входных и выходных цепей в соответствии с требованиями электрической совместимости. Блок управления отвечает за режимы работы подключаемого модуля. Блок приема данных позволяет принимать в КОП результаты измерений и другие данные, выдаваемые подключенным модулем.

Результатом работы являются принципиальные схемы и печатные платы описанного выше устройства.

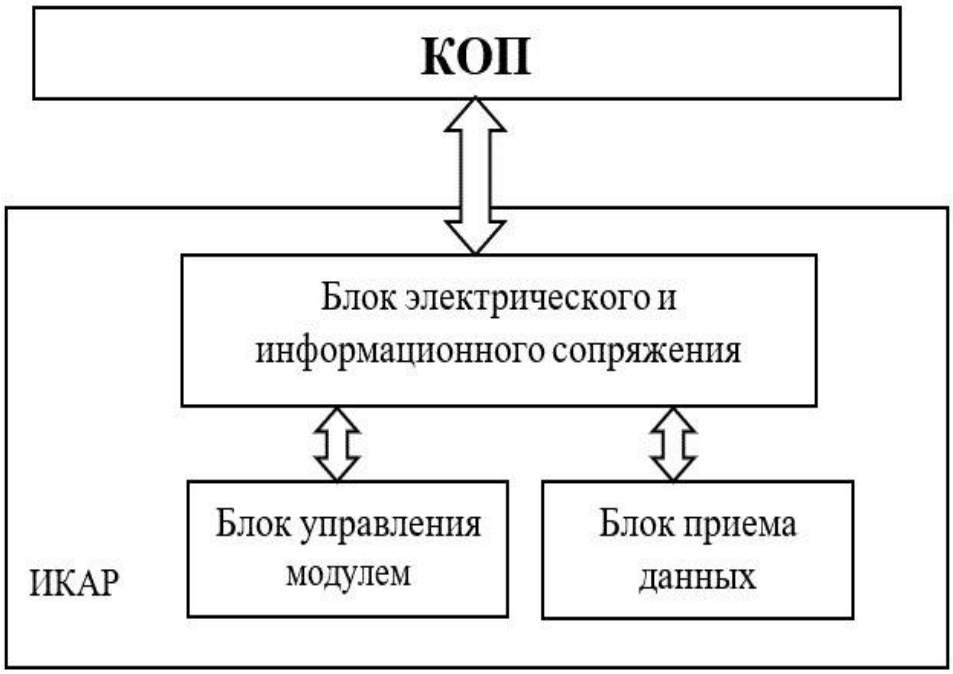


Рис. 1. Структурная схема интерфейсной карты

1. Петросьянц В.В., Измерительно-вычислительные комплексы, Владивосток: Изд-во ДВГТУ (2007)

2. Новиков Ю.В., Калашников О.А., Гуляев С.Э., Разработка устройств сопряжения для персонального компьютера типа IBM PC, Практ. пособие - М.: ЭКОМ. (1997)

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ МОРСКОЙ ВОДЫ

Полетаев Д.А.[1], Соколенко Б.В.[1]

[1)] Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
E-mail: poletaevda@cfuv.ru

APPLICATION OF DIGITAL HOLOGRAPHIC MICROSCOPY IN MONITORING MARINE POLLUTION

Poletaev D.A.[1], Sokolenko B.V.[1]

[1)] V.I. Vernadsky crimean federal university

In this paper an express method for measuring sea water pollution using digital holographic microscopy is proposed. The experimental setup is described and the advantages of the proposed method are indicated.

В настоящее время весьма актуальной является задача проведения мониторинга степени загрязнения морской воды с высокой точностью в реальном времени. Однако существующие методы выпаривания и взвешивания сухого осадка

не удовлетворяют требованию экспрессности. Существуют работы [1, 2], в которых предлагаются методы дистанционного мониторинга загрязненности морской воды по ее спектральным характеристикам, однако данные методы не отличаются высокой точностью. Задача получения изображений микрочастиц, распределенных в объеме микро-пробы на сегодняшний день решается с помощью метода классической широкопольной оптической микроскопии [3]. Однако к существенным недостаткам данного метода следует отнести ограничения, связанные с предельным значением разрешающей способности, обусловленной дифракционными явлениями в оптической системе.

В настоящее интенсивно проводятся исследования фазовых возмущений волновых фронтов световых полей, вследствие взаимодействия световой волны и различных объектов. Запись цифровым способом фазовых особенностей поля волны с последующей обработкой и получением изображения микрочастиц получило название цифровой голографической микроскопии (ЦГМ). Метод ЦГМ обеспечивает восстановление с высокой разрешающей способностью пространственных фазовых распределений волнового поля в зависимости от изменяющегося во времени исходного объекта [4]. Использование ЦГМ в исследованиях состояния водной экосистемы позволяет определить абсолютное количество взвешенных частиц в исследуемом объеме жидкости, а также их пространственное распределение погружным способом, не требующим взятие отдельных проб.

Целью работы является апробация метода цифровой голографической микроскопии для измерения загрязненности морской воды взвешенными частицами.

Схема предложенной экспериментальной установки содержит: лазер с длиной волны 650 нм, мощностью 10 мВт, механические устройства отклонения лазерного луча, линзы, делительные кубы, диафрагмы, зеркала, проточную кювету с исследуемой жидкостью, объемом 10 мл, оптические фильтры, CMOS-камеру (разрешение 1280 на 720 пикселей), компьютерную систему. При появлении в жидкости с показателем преломления n объекта с другим показателем преломления, параметры светового поля (фазовый набег и разность оптического хода) существенно меняются. Данные с камеры передаются в компьютерную систему, которая на основе алгоритма, использующего быстрое преобразование Фурье и бинарной фильтрации изображения детектирует наличие взвешенных частиц. Указанный метод позволяет детектировать примеси, размер которых варьируется от сотен нанометров до нескольких миллиметров. Предлагаемый метод, помимо качественного наблюдения объемных включений, позволяет восстанавливать трехмерные геометрические формы объектов по массиву накопленных в компьютерной системе данных. При этом, за счет программной обработки данных присутствует возможность детектировать типы взвешенных частиц.

Исследование выполнено в рамках поддержанного федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» гранта № ВГ12/2020.

1. 1. Ackleson S. Ocean optics research at the start of the 21st century //Oceanography № 14. 2001. P. 5-8.

2. 2. Wozniak S.B., Stramski D. Modeling the optical properties of mineral particles suspended in seawater and their influence on ocean reflectance and chlorophyll estimation from remote sensing algorithms //Applied Optics № 17(43). 2004. P. 3489-3503.

3. 3.Tahara T., Otani R., Omae K., et al. Multiwavelength digital holography with wavelength-multiplexed holograms and arbitrary symmetric phase shifts //Opt. Express № 25. 2017. P. 11157–11172.

4. 4.Vijayakumar A., Rosen J. Interferenceless coded aperture correlation holography–a new technique for recording incoherent digital holograms without two-wave interference //Opt. Express № 25. 2017. P. 13883-13896.

АНАЛИЗ ПЛАНАРНОЙ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ НАСТРОЙКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ

Проничев И.М.[1], Огородникова О.М.[1]

[1)] Уральский федеральный университет
E-mail: prnichev.ivan@rambler.ru

ANALYSIS OF THE PLANAR TRAJECTORY OF HUMAN MOVEMENT TO CONFIGURE THE ROBOT CONTROL SYSTEM

Pronichev I.M.[1], Ogorodnikova O.M.[1]
[1)] Ural Federal University

In this work, the movement kinematics of healthy adults aged from 19 to 60 years with a different ratio of growth and weight parameters is investigated. Based on the measurement results, planar trajectories of reference points in the vertical plane are constructed.

Анализ открытых источников информации свидетельствует о возрастающем интересе исследователей к робототехническим комплексам, имитирующим естественные движения человека. К таким комплексам относятся экзоскелеты, которые усиливают двигательную способность человека за счет внешнего каркаса и могут быть использованы для силовой корректировки траектории движения ослабленного человека. В большинстве проанализированных работ решаются актуальные задачи, связанные с системой управления подобным роботом.

В данной работе экспериментальными методами исследована кинематика движения группы здоровых взрослых людей в возрасте от 19 до 60 лет с различным соотношением ростовых и весовых параметров. По результатам измерений построены планарные траектории движения реперных точек в вертикальной плоскости. В наборе типовых движений выделено циклическое движение «встать-сесть», которое подробно проанализировано, в первую очередь, для

коленного сустава. Проведено усреднение и нормирование траекторий движения коленного сустава отдельно для исследованных женщин и мужчин.

Человек и работающий совместно с ним робот представлены в виде простой незамкнутой кинематической цепи, состоящей из пяти подвижных звеньев. В когнитивной модели звенья цепи соединены между собой цилиндрическими шарнирами и образуют одноподвижные вращательные кинематические пары. К рассмотренной модели применены экспериментально полученные законы движения, построены временные зависимости управляемых параметров – угла поворота, угловой скорости и ускорения. Полученные данные могут быть использованы непосредственно для реализации движения экзоскелета, поднимающего человека, с использованием принципа разомкнутого управления.

В перспективе предполагается создание алгоритма для настройки системы управления робота с учетом особенностей конкретного пользователя и наблюдаемых отклонений от средней траектории движения.

1. Огородников А. И., Проничев И. М., Огородникова О. М. Модель совместного движения человека и робота-экзоскелета для создания системы управления // Системный анализ и управление в биомедицинских системах, 2017. Т. 16(1), С. 98-101.

ПРОЕКТ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЛИТИЙ-ИОННЫХ БАТАРЕЙ В БОЛИВИИ

Видал Р.[1], Огородникова О.[1]

[1)] Уральский федеральный университет
E-mail: luisfernando.roquevidal@gmail.com

PROPOSAL FOR AN AUTOMATED LITHIUM BATTERY FACTORY IN BOLIVIA

Vidal R.[1], Ogorodnikova O.[1]
[1)] Ural Federal University

One of the largest lithium deposits in the world is located in Bolivia. In this work, an automated line is proposed for the production of lithium-ion batteries in this country. The robots, applied on the line, are simulated using the ABB software.

На территории Боливии находится одно из крупнейших в мире месторождений лития в виде высохшего соляного озера Салар-де-Уюни, расположенного в Андах на высоте 3700 метров над уровнем моря [1]. Это месторождение в настоящее время не разрабатывается, оставаясь объектом повышенных интересов многих международных компаний, поскольку литий является критическим химическим компонентом в производстве литий-ионных аккумуляторных батарей. Электрические аккумуляторы такого типа применяются в бытовых электронных

приборах, в том числе – в сотовых телефонах, ноутбуках, цифровых камерах, а также в качестве источников питания электромобилей и мобильных роботов.

В данной работе проведен подробный анализ технологических процессов изготовления литий-ионных батарей с учетом специфики имеющейся в Боливии сырьевой базы. Составлен план автоматизированной линии по производству устройств с различными размерными и силовыми характеристиками. На автоматизированной линии выделены участки, где целесообразно установить роботов, включая заключительный этап упаковки готовой продукции. Для проектирования роботизированных участков использовано программное обеспечение компании ABB и соответствующая библиотека роботов, вспомогательных компонентов. В программной среде ABB RobotStudio выполнена симуляция работы роботов. На основании симуляции в режиме оффлайн программирования составлены управляющие программы для роботов, установленных на автоматизированной линии по производству литий-ионных батарей. Отдельное исследование в рамках данной работы выполнено по проблематике применения коллаборативных роботов в составе проектируемого производства.

1. Roque Vidal L.F., Ogorodnikova O.M. Perspective of robotics development in Bolivia // Материалы VI Всероссийской молодежной научно-технической конференции «Информационные технологии в науке и производстве». 2019. С. 196-198.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОЩНЫМ ИМПУЛЬСНЫМ УСКОРИТЕЛЕМ ЭЛЕКТРОНОВ

Сафоненко М.А.[1], Щербинин С.В.[1, 2]

[1)] Уральский Федеральный Университет
[2)] Институт электрофизики УрО РАН
E-mail: safonenko.max@yandex.ru

CONTROL SYSTEM OF THE POWERFUL PULSE ELECTRON ACCELERATOR

Safonenko M.A.[1], Shcherbinin S.V.[1, 2]
[1)] Ural Federal University
[2)] Institute of Electrophysics UB RAS

In this abstract, we consider a control system for a powerful pulsed electron accelerator operating in an equipment for the radiation processing of agricultural products.

Мощные импульсные ускорители электронов находят применение в различных сферах народного хозяйства. В ИЭФ УрО РАН разработаны установки радиационной стерилизации медицинского инструмента, радиационной обработки биологических и химических субстанций, химического синтеза [1]. Для устойчивой работы ускорителя электронов в составе промышленного оборудования необходимо применение систем автоматизации и компьютерного управления производственными процессами. В данном случае к электронным системам и интерфейсам ПК предъявляются повышенные требования электромагнитной совместимости, поскольку в мощных импульсных ускорителях электронов напряжение пробоя вакуумной камеры может достигать 1 МВ при токах электронного пучка до нескольких килоампер [2].

В данной работе рассмотрена система управления мощным импульсным ускорителем электронов, работающем в установке для радиационной обработки сельхоз. продукции.

Интерфейс связи с ПК, а также обмен данными между отдельными блоками системы управления осуществляются по оптоволоконным линиям связи для снижения влияния электромагнитных наводок на низковольтное электронное оборудование. Для обеспечения целостности сообщений, передаваемых между узлами системы, используется особый протокол обмена данными. Этот протокол ограничивается 13 символами (из 256 возможных) и защищен контрольной суммой для каждого сообщения, что в свою очередь исключает возможность передачи «испорченных помехами» данных.

Приложение для ПК написано с применением технологий Web-разработки (JavaScript, HTML, CSS, Bootstrap) и является полностью кроссплатформенным, что предоставляет возможность использования устройства с ОС Windows и Linux. С его помощью оператор может устанавливать как параметры источника

высокого напряжения (ИВН), так и генератора импульсов для ускорителя электронов. Кроме того, в главном окне приложения всегда отображаются текущее состояние ИВН, уровень вакуума в системе и сигналы с аварийных датчиков. По показаниям вакуумметра строится график, по которому можно отслеживать состояния вакуума и динамику его изменения. Есть меню настройки параметров графика, а также программа снабжена таймером для установки времени работы генератора.

1. Соковнин С.Ю. Наносекундные ускорители электронов для радиационных технологий. Екатеринбург. УрГАУ. 2017. 348 с.

2. Соковнин С.Ю., Балезин М.Е., Щербинин С.В. Ускоритель УРТ-1М для радиационных технологий. Приборы и техника эксперимента. № 4, 2013, с. 47-51.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА НА ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА

Сеимова Д.С.[1], Ромащенко М.А.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
E-mail: dashyli98@mail.ru

DEVELOPMENT OF SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR EVALUATION OF ELECTROSTATIC DISCHARGE EFFECT ON ELECTRONIC MEANS

Seimova D.S.[1], Romashchenko M.A.[1]

[1)] Voronezh state technical University, Voronezh, Russia

This development is designed to improve the efficiency of testing of electronic tools and devices for resistance to electrostatic discharge and identification of vulnerabilities in terms of exposure to electrostatic discharges.

Электростатический разряд является одним из основных факторов, способствующих снижению надежности и производительности электронных устройств. Тесты на устойчивость к ЭСР используются для проверки целостности сигнала и выявления помех в установках. Эти тесты способствуют обнаружению нарушений, вызванных плохой компоновкой кабельной системы или расположением элементов, а также проблемами заземления. Необходимо усовершенствование существующих принципов защиты печатных модулей и разработка новых вариантов оптимального проектирования и тестирования электронных устройств для оценки влияния электростатического разряда.

Использование разработанного программно-аппаратного комплекса, который проводит тестирование на системную устойчивость к электростатическим

разрядам во время конструирования и производства электронных средств, помогает выявлять и идентифицировать уязвимые места с точки зрения воздействия электростатических разрядов. Применение при производстве подобного оборудования позволит избежать крупных ошибок после выпуска в производство и повторного конструирования печатного модуля, а также повысит качество изготавливаемого изделия.

Программно-аппаратный комплекс способен проводить анализ как для всей системы в целом, так и для определенной точки печатного модуля, что способствует предупреждению выпуска изделий, не удовлетворяющих требованиям ГОСТа и повышает эффективность производства. Программно-аппаратный комплекс используется для моделирования разряда и проведения тестов, который запрограммирован на подачу импульсов на тестируемое оборудование номиналом от 1 до 35 кВ. Метод тестирования определяется алгоритмом исходя из уровня взаимодействия с техническим средством ввиду прямых и непрямых электростатических разрядов. При помощи программного обеспечения возможно также производить измерения воздействия электростатического разряда как контактным, так и воздушным методом путем переключения режимов. Расчет оценки сопротивления электронных устройств и оборудования к электростатическим разрядам производится для конкретной точки. Кроме того, программное обеспечение программно-аппаратного комплекса способно устанавливать не только основные параметры электростатического разряда, но также и вторичные, такие как форма напряжения, зависимость времени нарастания импульса, входное напряжение устройства и насыщение тока.

Программно-аппаратный комплекс для оценки влияния электростатического разряда на электронные средства предоставляет пользователю следующие возможности:

- формирование карты точек воздействия электростатических разрядов;
- формирование испытательных сигналов и сбор выходных данных в автоматизированном режиме;
- сбор выходных данных в автоматизированном режиме;
- программное управление параметрами электростатического разряда;
- автоматизированное позиционирование разрядника над контрольными точками;
- сохранение данных об испытаниях и их графическое представление.

1. Кечиев Л.Н., Пожидаев Е.Д. Защита электронных средств от воздействия статического электричества. М.: Изд. дом «Технологии», 2005. С. 265-291.

2. Жаднов В.В. Влияние электростатических разрядов на показатели ремонтопригодности электронных средств // Технологии электромагнитной совместимости. 2015. № 4. С. 29-34.

РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЗОВАННОЙ МОДЕЛИ ТОПОЛОГИИ n-МОП ТРАНЗИСТОРА С ПОВЫШЕННОЙ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТЬЮ

Серазетдинов А.Р.[1], Аткин Э.В.[1], Хохлов К.О.[2]
[1)] НИЯУ МИФИ
[2)] Уральский Федеральный Университет
E-mail: mrsuglikov@gmail.com

PARAMETRIC LAYOUT CELL DESIGN OF n-MOS TRANSISTOR WITH ENHANCED RADIATION HARDENED PROPERTIES

Serazetdinov A.R.[1], Atkin E.V.[1], Khokhlov K.O.[2]
[1)] NRNU MEPhI
[2)] Ural Federal University

Design technique to provide n-channel MOS transistors with radiation hardened properties is considered. Radiation hardening is done through enclosed gate transistor structure design. Some aspects are considered in terms of characterization and test structures implementation.

Проникновение ионизирующей частицы в полупроводник приводит к возникновению дефектов кристаллической решётки в оксидном слое интегральной схемы. В результате может существенно повыситься ток утечки между стоком и истоком, как отдельно рассматриваемого транзистора, так и между транзисторами. Достигая некоторых значений, ток утечки может существенно ухудшить работу схемы.

Причиной роста тока утечки является возникновение связанного заряда в изолирующем окисле. Заряд имеет положительный знак и обусловлен накоплением положительно заряженных ионов в области вблизи границы окисел-кремний. Подзатворный окисел не подвержен данному эффекту, так как концентрация заряженных ионов существенно ниже в связи с существенно меньшей толщиной подзатворного. Добавление дополнительного заряда уменьшает пороговое напряжение КМОП-транзисторов, что эквивалентно их приоткрытию. Наиболее подвержены данным эффектам N-канальные транзисторы [1,2].

Существуют различные методы борьбы с током утечки, такие как изоляция компонентов диэлектриком, но наиболее распространенным решением является использование охранных колец в сочетании с кольцевой топологией затворов N-канальных транзисторов из-за относительной экономии места на кристалле и дешевизны изготовления. Использование охранных колец позволяет избежать токов утечек между рядом стоящими транзисторами, а кольцевой затвор — между стоком и истоком [3]. Тем не менее, полноценное использование моделей этих транзисторов затруднено из-за закрытости подобных библиотек параметризируемых моделей из различных экономических и политических соображений. В

данной работе описывается методика создания параметризованной модели N-канального кольцевого транзистора для технологической библиотеки UMC MMRF180nm.

На рисунке 1 приводится ток утечки в стандартном микростриповом транзисторе и кольцевая структура, с использованием которой ток утечки устраняется.

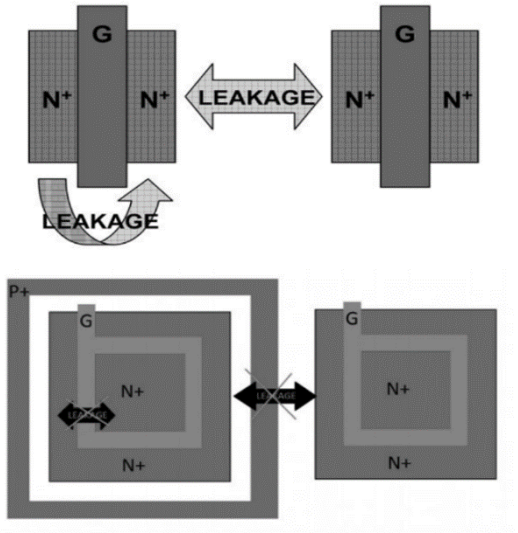


Рис. 1. Микростриповый транзистор и кольцевой транзистор с повышенной радиационной стойкостью.

1. “Development of a Radiation Tolerant 2.0 V standardce lllibrary using a commercial deep submicron CMOS technology for the LHC experiments.”, K. Kloukinas, F. Faccio, A. Marchioro, P. Moreira, CERN/EP-MIC, CH1211, Geneve 23, Switzerland.
2. “Adiation Hard Design in UMC 018”, Michael Bruder, Peter Fischer, Matthias Harter Lehrstuhlfür Schaltungstechnik und Simulation Universität Mannheim.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ НА ОСНОВЕ УНТ И МЕЗОПОРИСТЫХ УГЛЕЙ В ИОНИСТОРАХ

Шушерина Е.В.[1], Капустин С.Н.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
E-mail: tdrayzer@yandex.ru

RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF APPLICATION OF COMPOSITE ELECTRODES BASED ON CNTS AND MESOPOROUS CARBON IN IONISTORS

Shusherina E.V.[1], Kapustin S.N.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Study of capacitive, charge-discharge characteristics of a supercapacitor with electrodes made on the basis of a composite of CNT and mesoporous coals.

Ионисторы – это химические накопители, обладающие исключительно высокой емкостью, обусловленной наличием двойного электрического слоя, возникающего на поверхности электродов, которые помещены в электролит [1]. В ионисторах энергия накапливается в процессе зарядки за счёт поляризации двойных электрических слоёв на границах раздела «анод-электрод» и «катод-электролит» [2]. Ионисторы могут быть основой рекуперационных систем и накопителями энергии.

Введение в состав композита электрода ионистора углеродных нанотрубок (УНТ) в количестве достаточном для построения перколяционной сети позволит снизить внутреннее сопротивление ионистора, обеспечив большую скорость зарядки и мощность при разряде. Использование в составе композитного электрода мезопористых углей, имеющих более развитую поверхность по сравнению с УНТ, доходящую до 1900 м^2 [3], позволит получить большую поверхность для образования двойного электрического слоя при относительно малых денежных затратах.

Будут представлены полученные в ходе исследования ёмкостные, зарядно-разрядные характеристики ионистора, а также аналогичные данные для функционализированных УНТ.

1. Москатов Е.А., Электронная техника, 204 (2010)

2. Кузнецов В., Панькина О., Мачковская Н., Шувалов Е., Востриков И,.Конденсаторы с двойным электрическим слоем (ионисторы): разработка и производсто. Компоненты и технологии, 6, 5 (2005)

3. Чайка М.Ю., Силютин Д.Е., Горшков В.С., Небольсин В.А., Боряк А.В.Влияние природы наноструктурного углеродного материала на электрические параметры суперконденсатора, 4 (2012)

ЦИФРОВОЙ ВОЛЬТМЕТР С АВТОМАТИЧЕСКИМ ВЫБОРОМ ДИАПАЗОНА ИЗМЕРЕНИЯ

Симонов Н. А.[1], Моисейкин Е. В.[1], Устьянцев Ю. Г.[1]

[1)] Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

E-mail: nykytas@rambler.ru

THE DIGITAL VOLTMETER WITH AUTOMATIC SELECTION OF MEASURING RANGE

Simonov N. A.[1], Moiseykin E. V.[1], Ustiantsev U. G.[1]

[1)] Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin»

The digital voltmeter with automatic selection of measuring range has been developed. The device consists of electrical amplifiers, microcontroller, LCD and keyboard.

Основной областью применения вольтметров является разработка, наладка и ремонт радиоэлектронной аппаратуры, при этом вольтметры используются для определения и контроля динамических, реже статических напряжений. С другой стороны, измерение напряжения требуется практически в любом цифровом устройстве, где присутствуют датчики, т.к. любая измеряемая физическая величина сначала преобразуется в напряжение или ток, а затем при помощи АЦП – в цифровой код для последующей обработки [1].

Основными параметрами универсальных вольтметров является диапазон и точность измеряемого напряжения. Для цифровых вольтметров эти параметры являются связанными и зависят от разрядности АЦП, причем увеличение диапазона измеряемого напряжения ухудшает точность вольтметра при одинаковой разрядности АЦП. Одним из способов увеличения максимального измеряемого напряжения является разбиение всего диапазона напряжений на пересекающиеся поддиапазоны, например, современные цифровые вольтметры имеют поддиапазоны: 0 – 200 мВ, 0 – 2 В, 0 – 20 В, 0 – 200 В и 0 – 1000 В. В этом случае для каждого поддиапазона устанавливается индивидуальная абсолютная точность измерения, а относительная остается постоянной. Существуют вольтметры с ручным и автоматическим переключением между поддиапазонами.

Целью настоящей работы являлось разработка цифрового вольтметра, позволяющего измерять напряжение в диапазоне от –12 В до +12 В, обеспечивающего точность не менее 100 мкВ в диапазоне –1…+1 В и 1 мВ в диапазоне –12…+12 В, с автоматическим переключением поддиапазонов. Структурная схема разработанного цифрового вольтметра представлена на рисунке 1.

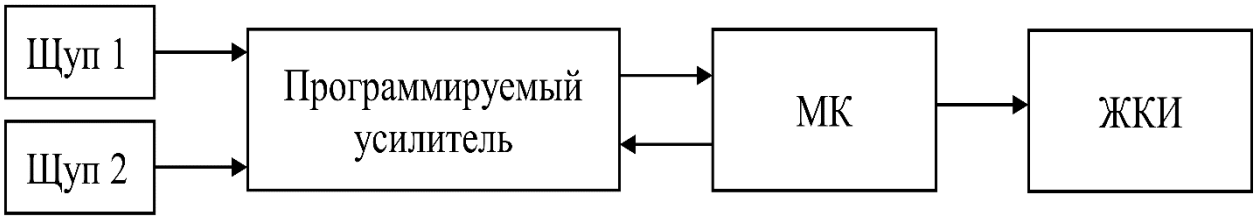


Рис. 1. Структурная схема цифрового вольтметра с автоматическим выбором поддиапазона измеряемого напряжения

Устройство имеет два щупа, предназначенных для подсоединения программируемого усилителя к исследуемой схеме. Входной каскад программируемого усилителя представляет собой дифференциальный усилитель, который обеспечивает усиление разности между двумя входными напряжениями[2]. Полученное напряжение поступает на вход следующего каскада, построенного на ОУ, предназначенного для переключения между двумя поддиапазонами и согласования с входными параметрами АЦП, встроенного в МК. Оцифрованное значение входного напряжения обрабатывается МК и отображается на ЖКИ.

1. Раннев Г. Г., Сурогина В. А., Калашников В. И. и др., Информационно-измерительная техника и электроника. М.: Академия, 2006.
2. Шишмарев В. Ю. Электрорадиоизмерения. Практикум. М.: Академия, 2006.

СОПРЯЖЕНИЕ ПЕРЕНОСНОГО КАРДИОМИНИТОРА С МОБИЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

Бригинец С.А.[1], Веселков А.Ю.[1], Мартынов Г.В.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия
E-mail: Sofia.brigenec@mail.ru

PAIRING A PORTABLE HEART MONITOR WITH MOBILE DEVICES

Briginets S.A.[1], Veselkov A.U.[1], Martinov G.V.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

Software has been created to provide data to mobile devices using wireless technologies. This application provides data exchange between data pickup device and mobile devices with possibility of processing received data.

Разработанный мобильный кардиомонитор, является небольшим компактным прибором, который крепиться к телу с помощью мягких, специально разработанных ремней. Устройство удобно для ношения, и не заметно под одеждой. Электроды, по средством которых осуществляется снятие данных, очень просто

прикрепляются к телу, и достаточно надежно удерживаются в прикрепленном состоянии [2].

В состав устройства входят узлы, которые позволяют принимать аналоговый сигнал с электродов, преобразовывать его к виду, который имеется возможность выводить на экран данного устройства в виде кривой сердцебиения и числового значения пульса. Кроме того, существует возможность сохранять, полученные данные на SD карте, помещенной в устройство или передавать с помощью USB интерфейса непосредственно на компьютер [1].

Так же данное устройство поддерживает возможность передачи данных по каналам беспроводной связи (Bluetooth, Wi-Fi) на мобильные устройства.

Поэтому, для обеспечения взаимосвязи мобильных устройств с кардиомонитором, с возможностью большей наглядности картины сердечного ритма и способностью управления кардиомонитором, было разработано приложение для работы на мобильных устройствах.

Для написания приложения в виду распространенности в разработках, авторами были выбраны следующие программные средства:

1. набор для разработки на языке Java – JDK.
2. набор утилит для разработки и эмулятор - Android SDK and AVD Manager .
3. IDE с поддержкой разработки для Android: Eclipse + ADT plugin, IntelliJ IDEA Community Edition, Netbeans + nbandroid plugin;

Программа позволяет связаться с кардиомонитором, принять с него данные. Данные представляются на экране мобильного устройства в виде графика сердцебиения и пульса. Есть возможность сохранения текущих данных и сравнения их с данными предыдущих периодов. Так же можно изменить настройки самого кардиомонитора, а именно задать интервалы между снятия данных, перевод кардиомонитора в ждущий режим, включение и выключение оповещений.

Считаем, что данное приложение, позволит обеспечить комфортное использование устройства кардиомонитора в повседневной жизни и облегчить мониторинг за состоянием сердечной мышцы.

1. Бригинец С.А., Веселков А.Ю., Мартынов Г.В., Physics, Technologies and Innovation (PTI-2018), AIP Conf. Proc (2018).
2. Бригинец С.А., Веселков А.Ю., Мартынов Г.В., Physics, Technologies and Innovation (PTI-2019), AIP Conf. Proc (2019).

TOPOLOGICAL OPTIMIZATION IN DESIGN OF ANTHROPOMORPHIC GRIPPER FOR A ROBOT

Stupin S.[1], Ogorodnikova O.[1]

[1)] Ural Federal University
E-mail: stupin.semen2012@ya.ru

In this work, a three-finger gripper for a fruit-sorting robot was designed. The method of topological optimization was applied to get minimum mass of the structure and add elements of bionic design.

Использование бионического дизайна при проектировании роботов позволяет создавать конструкции с уникальными декоративными и функциональными свойствами, поскольку природные структуры отличаются высокой степенью рациональности в объемном распределении материала и при этом обеспечивают прочность, жесткость и гибкость. Развитие аддитивных технологий разрешает отойти от трудоемких традиционных технологий изготовления деталей роботов и перенести на них элементы бионического дизайна.

В данной работе было сконструировано трехпальцевое захватное устройство для робота, сортирующего фрукты. В расчетном обосновании деталей захватного устройства был применен метод топологической оптимизации конечно-элементной модели, созданной в программной среде ANSYS [1]. Целевой функцией в задаче оптимизации геометрии нагруженных деталей является масса. В результате топологической оптимизации получена конструкция, обладающая минимальной массой при условии сохранения высоких характеристик прочности и жесткости. Минимизация массы, в свою очередь, позволяет снизить мощность компактных приводов, расположенных на подвижных звеньях конструкции. Оптимизирующий алгоритм при увеличении плотности конечно-элементной сетки формирует пространственные структуры в соответствии с принципами бионического дизайна. Детали устройства изготовлены способом 3D-печати, что позволило выполнить сложное формообразование поверхностей, сохранив предложенное оптимизатором дизайнерское решение.

1. Огородникова О.М. Исследовательская функция программ CAE в сквозных технологиях CAD/CAE/CAM. Вестник машиностроения. 2012. № 1. С. 25-31.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ С ЗАЩИТОЙ ПО ТОКУ

Унгвицкий Г.И.[1], Моисейкин Е.В.[1], Устьянцев Ю.Г.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

THE VOLTAGE CONVERTER WITH CURRENT PROTECTION

Ungvitskii G.I.[1], Moiseykin E.V.[1], Ustiantsev U.G.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The voltage converter with current protection has been developed. The device consists of the voltage converter, the commutator, the voltage and current meter, the current protection unit, the microcontroller and the LCD.

Современное электронное оборудование использует источники питания, которые преобразуют переменное напряжение бытовой электросети 220 В в стандартные напряжения +3,3, ±5, ±12 В и др. Также применяются химические источники – батареи и аккумуляторы, выходное напряжение которых преобразуется в требуемые напряжения для питания мобильных устройств. В настоящее время производители электронных источников питания предлагают устройства со стандартными фиксированными и регулируемыми выходными напряжениями, и различными максимальными выходными токами. Как правило, такие источники питания имеют одно выходное напряжение.

В последнее время нередко производители различного бытового мобильного оборудования, такого как фотоаппараты, смартфоны и др. для подзарядки аккумуляторов используют источники питания с выходным напряжением +5 В и разъемом USB. Это удобно, т.к. для зарядки аккумуляторов могут использоваться любой аналогичный блок питания или ПК. Кроме того, вследствие увеличения энергопотребления смартфонов на рынке появились внешние аккумуляторы или так называемые Power bank.

В результате анализа современного состояния и тенденций развития электрических источников питания, с учетом требований разрабатываемого оборудования была поставлена задача выполнить проектирование и изготовление преобразователя с входным напряжением +5 В и выходными: +3,3 В (с максимальным выходным током до 0,5 А); +5 и ±12 В (ток до 2 А), с автоматическим ограничением по току и возможностью измерения выходных параметров источника питания. Структурная схема преобразователя напряжений показана на рисунке 1.

На вход преобразователя подключается входное напряжение +5 В, далее полученные +12, –12 и +3,3В поступают на измеритель напряжения и тока, который передает пропорциональные величины в блок защиты по току и микроконтроллер. В случае превышения допустимых значений блок защиты отключает нагрузку при помощи блока коммутации. Микроконтроллер позволяет

осуществлять отключение и подключение нагрузки таким же образом, кроме того, выводит измеренные величины тока и напряжения на жидкокристаллический индикатор.

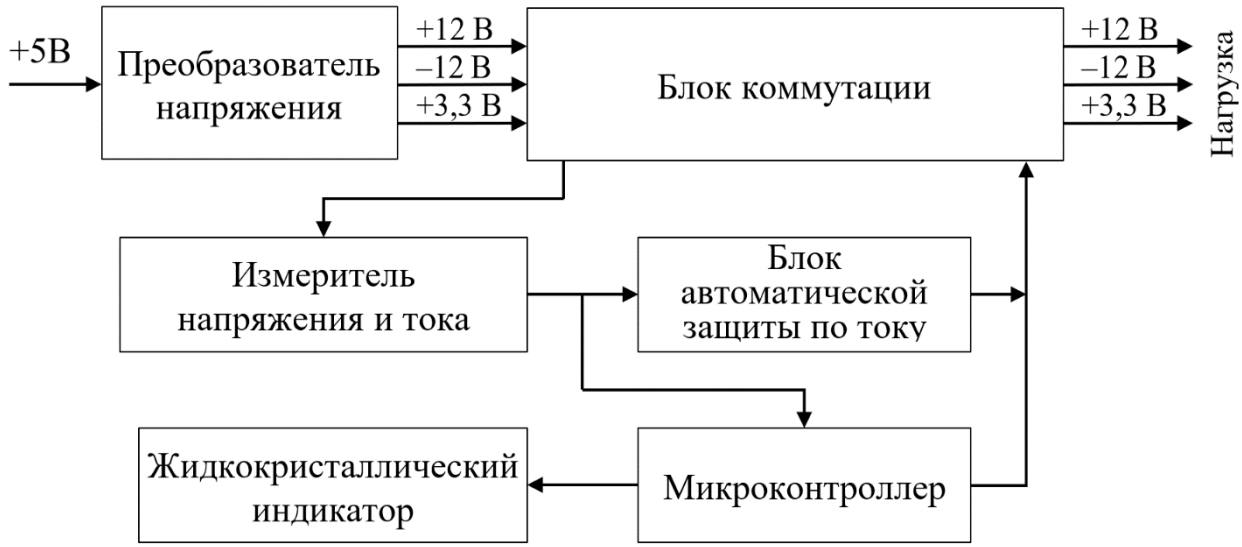


Рис. 1. Структурная схема преобразователя напряжения с защитой по току

В результате проделанной работы изготовлен прототип преобразователя напряжения с защитой по току с заданными характеристиками, позволяющий использовать стандартные источники питания с USB разъемами для формирования выходных напряжений +12, –12 и +3,3 В с максимальными выходными токами до 0,4 А. Для получения выходных токов более 0,4 А необходимо применять специализированные источники питания +5 В с выходным током не менее 11 А.

1. Кофлин Р., Дрискол Ф. Операционные усилители и линейные интегральные схемы. -.: Мир, 1979.

2. Шило В.Л. Популярные цифровые микросхемы: Справочник. – 2-е изд., исправленное. – М.: Радио и связь, 1989. – 352с., ил.

3. Ефимов И.П. Источники питания РЭА: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. Ульяновск: УлГТУ, 2002. – 136 с.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ТЕСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ

Васильченко Д.В.[1], Неклюдов А.Л.[1], Ромащенко М.А.[1], Рожненко С.Н.[1]

[1)] Факультет радиотехники и электроники, кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры, Воронежский государственный технический университет 394026 г. Воронеж, Московский проспект, 14
E-mail: shadow951@bk.ru

HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR TESTING ELECTRONIC MEANS FOR ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE

Vasilchenko D.V.[1], Neklyudov A.L.[1], Romashchenko M.A.[1], Rozhnenko S.N.[1]

[1)] Faculty of Radio Engineering and Electronics, Department of Design and Production of Radio Equipment, Voronezh State Technical University 394026 Voronezh, Moskovsky Prospect, 14

The paper presents a description of the hardware and software complex for testing electronic devices for electromagnetic interference. A block diagram is given, as well as the results of the testing methodology using the example of test launches.

Согласно ГОСТ Р50397-2011 техническое средство должно сохранять работоспособность на должном уровне в заданной электромагнитной обстановке. Это подразумевает как снижение воздействий от самих электронных устройств на другие, так и воздействие различных электромагнитных помех на само электронное устройство. Под техническим средством подразумевается любое изделие, содержащее электрические и электронные составные части.

В связи с этим перед разработчиком ставится задача не только спроектировать устройство, удовлетворяющее всем заложенным в него техническим характеристикам, но и обеспечить должный уровень защиты от различных пагубных факторов. Одним из основных факторов является электромагнитная помеха. В случае, если конструкция не будет предусматривать наличие должного экранирования при последующей сертификации изделия возникнут трудности, которые чреваты возвратом к начальному циклу производства и перепроектированию изделия. Что приводит к увеличению себестоимости, срыв сроков и потерю заказов.

В настоящее время проблема решается про помощи:

- Опыта самих конструкторов;
- безэховых (полубезэховых) камер;
- расчётных программных комплексов.

Детальный анализ существующих методов позволяет отметить ряд недостатков в любом из них. Самый лучший путь – объединение всех преимуществ вышеперечисленных методов. Мировыми производителями ведутся активные

работы по создание комплексных систем, совмещающих в себе тестирующие установки в паре с программным обеспечением.

На данный момент такие комплексы позволяют оценить лишь влияние того или иного типа электромагнитной помехи на испытуемое электронное устройство. Предлагаемая же методика оценки влияния электромагнитных помех на испытуемый объект заключается в эвристическом подходе к анализу полученных данных, которая позволяет получить наиболее достоверные результаты при минимальных временных затратах.

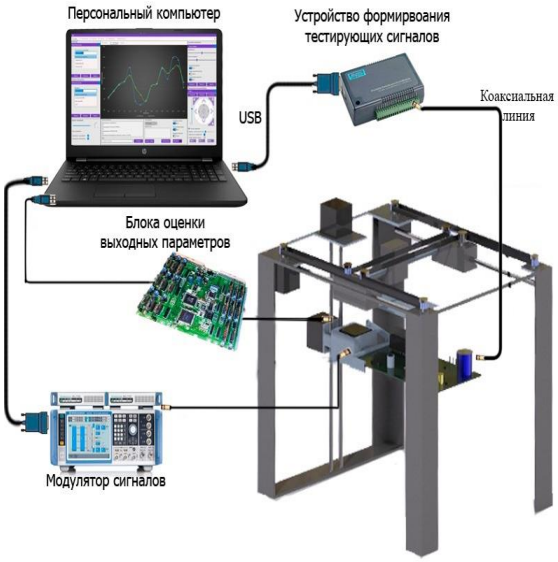


Рис. 1. Структурная схема программно-аппаратного комплекса.

Структурная схема установки представлена на рисунке. Программная часть комплекса в тандеме с аппаратной полностью автоматизируют процесс тестирования электронного средства согласно заложенному конструктором алгоритму или требованиям ГОСТ. Программный модуль обрабатывает полученные результаты и основываясь на обширной базе данных и информации о тестируемом устройстве делает вывод о необходимых мерах предотвращения нежелательное влияния электромагнитной помехи на электронное средство. Процесс тестирования и анализа производится в широком диапазоне мощностей и частот возможных электромагнитных помех. Так же, в отличие от широко известных безэховых камер, позволяющих воздействовать на изделия лишь в достаточном удалении от него (3 – 10 м), предлагаемая система воздействует на испытуемой объект на удалении 0,01 – 0,1 м от тестируемого изделия. Пространственное вращение испытуемого изделия в процессе тестирования также позволяет оценить влияния различного угла поляризации воздействующего излучения на испытуемый объект. Кроме того, предлагаемый метод позволяет производить измерения в нормальных лабораторных условиях.

Победитель отборочного тура конкурса У.М.Н.И.К. по направлению новые проборы и производственные интеллектуальные технологии. Победитель внутривузовского конкурса «Изобретая будущее» в номинации «Программа для ЭВМ».

1. «Методика построения градиентных карт ближнего электромагнитного поля для двусторонних и многослойных печатных плат» / Журнал «Вестник ВГТУ» – 2019 – Том 15 – № 4;

2. статья «Методика оценки электромагнитных характеристик печатных плат в закрытых конструкциях» / Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2017. – Т. 13. – № 2. – С. 71-74.

3. статья « Methods for Determination of Near Electromagnetic Field» / International Journal of Applied Engineering Research (IJAER), Volume 11, Number 18 (2016), pp. 9519-9525

ОПЕРАТИВНАЯ ДИАГНОСТИКА ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛА РЕЗАНИЕМ ПО СРЕДСТВАМ АНАЛИЗА ВИБРАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ

Воронин В.В.[1], Артамонов Е.В.[1]

[1)] ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», ул. Володарского, 38, г. Тюмень, 625000, Российская Федерация.
E-mail: vladislavalbus@gmail.com

RAPID DIAGNOSTIC TEST OF METAL CUTTING USING VIBRATION PARAMETERS ANALYSIS

Voronin V.V.[1], Artamonov E.V.[1]

[1)] FSBEI HE Tyumen Industrial University, 625000, Russian Federation, Tyumen, Volodarskogo street, 38.

A hypothesis has been formulated on the possibility of rapid diagnostic testing of the metal cutting process by vibration of the cutting instrument. An experiment scheme has been drawn up to test the hypothesis. Useful and negative effects of vibration are considered.

Вибрация при обработке металлов резанием повсеместна, избавиться от нее вовсе не представляется возможным. Пути ее возникновения разнообразны: колебания режущего инструмента (РИ), вибрация на оборотных частотах, термомеханическое возбуждение автоколебаний. Особый вид колебаний – акустическая эмиссия (АЭ).

С одной стороны, очевидно, вибрация – вредный фактор, разрушающее действие которого отрицательно сказывается на ресурсе режущего инструмента, механике и электронике станка, ухудшает условия труда цехового персонала, оказывая негативное влияние на здоровье человека. Контроль уровня вибрации производится на всех этапах ответственных и особо ответственных операций и технических процессов на производстве.

С другой стороны – вибрация – информативный параметр. От нее нельзя избавиться, но можно использовать как источник диагностических данных.

Значительная польза от диагностики по средствам анализа спектра ожидается при механической обработке металлов, в частности, при обработке жаропрочных материалов имеет место диапазон, в котором наблюдается минимальная величина износа и максимальная стойкость инструмента – максимальное значение коэффициента обрабатываемости. При входе режима обработки в этот диапазон происходит изменение вида стружки со сливной в элементную, что изменяет тип и величину нагрузки на РИ, следовательно, изменяется и состав спектра возбуждаемой вибрации.

Для каждого вида стружки характерна различная площадь контакта с передней поверхностью резца, причем, для элементной и суставчатой прослеживается периодичность в воздействии на резец, в то время как сливная стружка предполагает стабильное, безотрывное нагружение. Ожидается, что переход из сливной – безотрывно скользящей по передней поверхности резца – стружки в элементную – состоящую из отдельных несвязанных между собой частиц – сопровождается изменением спектрального состава колебаний режущего инструмента. Отслеживая эти изменения, можно проводить оперативную диагностику режима резания и путем динамического корректирования параметров соблюдать условия наилучшей обрабатываемости.

Таким образом, предположительная связь вида стружки и спектрального состава колебаний, откроет возможность установить режим обработки металла резанием, при котором наблюдаются условия наилучшей обрабатываемости по вибрации РИ.

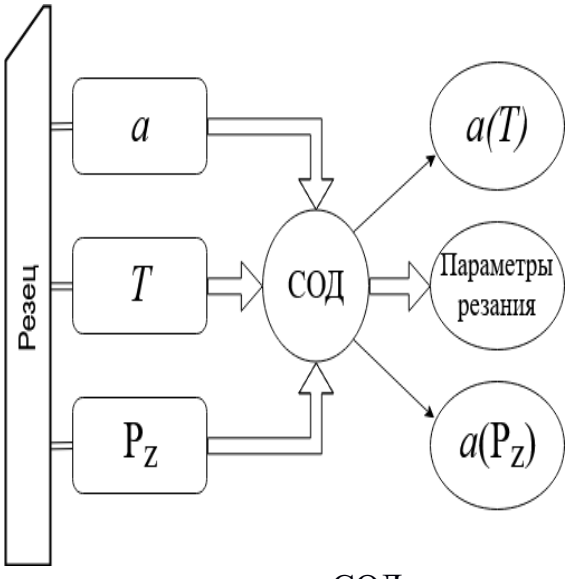


Рис. 1. Общая блок-схема эксперимента. СОД – система обработки данных.

С целью определения состоятельности гипотезы необходимо получить зависимости виброускорения a от температуры T и виброускорения от силы резания Pz для разных видов стружки при точении на токарно-винторезном станке. Здесь

температура выступает в качестве определяющего фактора стружкообразования, а изменение величины силы резания, как следствие изменения вида стружки.

Основным же информативным параметром станет временной сигнал и спектр вертикальной составляющей виброускорения державки резца, в котором требуется выделить гармоники, претерпевающие существенные изменения при переходе вида стружки от сливной в элементную.

1. Васильев Д.В. Метод формирования условий максимальной обрабатываемости жаропрочных материалов путем высокотемпературно-го охрупчивания при резании: дис. канд. техн. наук. – Тюмень., 2015. – 163 с.

2. Васин Сергей Александрович, Прогнозирование виброустойчиво-сти инструмента при точении и фрезеровании. Серия «Библиотека инстру-ментальщика». – М.: Машиностроение, 2006. – 384 с.: ил.

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ α-Al_2O_3-δ

Войнов В. С.[1], Мильман И. И.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г.Екатеринбург, Россия
[2)] ИФМ УрО РАН, г.Екатеринбург, Россия
E-mail: vsvoynov92@gmail.com

LAYOUT FOR RESEARCH MAGNETIC PROPERTIES A-Al_2O_3-Δ SAMPLES

Voynov V. S.[1], Milman I. I.[1, 2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] IMP URAN, Yekaterinburg, Russia

This paper presents layout for studying interaction between magnetic field and α-Al_2O_3-δ samples, properties of such layout and description of method.

В работах [1, 2] продемонстрировано, что ряд широкозонных оксидов (SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, ZnO) проявляют магнитные свойства. Одной из обсуждаемых гипотез, объясняющих магнетизм оксидов, не содержащих ферромагнитных добавок или примесей, является предположение о возникновении заметных парамагнитных свойств у материалов, содержащих кислородные вакансии с одним неспаренным электроном (F^+ -центры). В предыдущих работах [3,4] было показано, что термооптическая обработка (ТОО) позволяет увеличить концентрацию F^+-центров в кристаллах α-Al_2O_3-δ относительного исходного содержания. Кристаллы с повышенным содержанием F^+-центров, помещенные в магнитное поле, проявили парамагнитные свойства. В частности, было обнаружено силовое

воздействие магнитного поля на кристалл α-Al_2O_3-δ, заключающееся в повороте кристалла вокруг вертикальной оси вращения. Связь реакции образцов на помещение в магнитное поле с концентрацией F+-центров предполагалось установить по углу их поворота. Перед проведением натурных экспериментов метод был апробирован на макете.

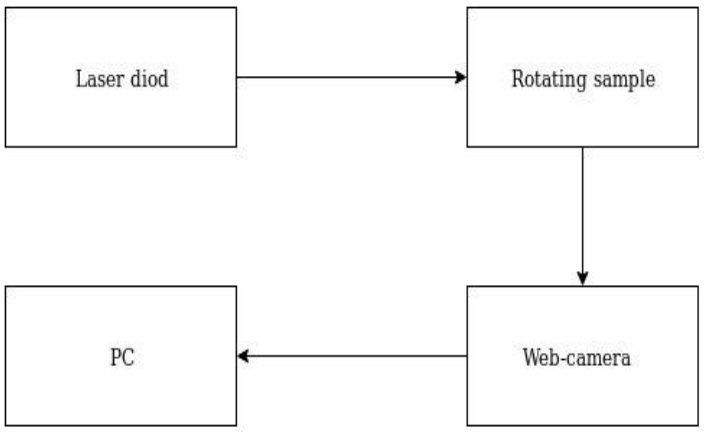


Рис. 1. Блок схема установки

Макет включает в себя: 600 нм лазерный диод; образец α-Al_2O_3-δ, закрепленный на поворотном столике, оцифрованном по углу поворота в вертикальной плоскости; веб-камеру, установленную перпендикулярно плоскости вращения образца и подключенную к персональному компьютеру; программное обеспечение (ПО), обрабатывающее изображение. Образцы α-Al_2O_3-δ цилиндрической формы высотой 1 и диаметром 5 мм крепились к поворотному столику в вертикальной плоскости. Устройство позволяет повернуть его на заданный угол (φ). Излучение лазера направлено на образец. На изображении, полученном с веб-камеры методами библиотеки OpenCV выделяется контур подсвеченной области и рассчитывается площадь внутри выделенного контура, которая является площадью проекции цилиндра на плоскость. ПО определяет его из простейшего тригонометрического уравнения:

$A\sin(\varphi) + B\cos(\varphi) = C$

где: A – поперечная площадь сечения образца, B – площадь верхнего основания образца, C – определенная средствами ПО площадь.

Установка показала свою работоспособность в диапазоне углов поворота 0° – 50°, с разрешающей способностью ±0,5°.

1. J. M. D. Coey Nature Materials | VOL 18 | JULY 2019 | 652–656 |
2. Guijin Yang, Daqiang Gao, Jinlin Zhang at all, J. Phys. Chem. C 2011, 115
3. Сарычев М.Н., Мильман И.И., и др., Письма в ЖТФ, 2018, т. 44, в. 22, с 74-80

4. V. S. Voynov, I. I. Milman, A. I. Surdo, and R. M. Abashev, AIP Conference Proceedings 2174, 020265 (2019)

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Яковлев А.М.[1], Хохлов К.О.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет
E-mail: sasha_yakovlev97@mail.ru

AUTOMATIC SYSTEM FOR SOLAR BATTERIES POSITIONING

Yakovlev A.M.[1], Khokhlov K.O.[1]

[1)] Ural Federal University

The positioning system is based on the microcontroller and a stepper motor. The microcontroller receives the voltage value from the solar panels and sends control signals to the stepper motor. This system allows to increase the daytime energy accumulation efficiency.

Солнечная батарея — полупроводниковое устройство (фотоэлемент), прямо преобразующее солнечную энергию в постоянный электрический ток.

Эффективная и производительная работа солнечных батарей зависит от различных факторов, так или иначе влияющих на конкретное устройство. Многое зависит от температуры наружного воздуха, погоды, а также чистоты поверхности, принимающей лучи. Большое значение имеет угол, под которым солнечные лучи падают на поверхность фотоэлемента. В идеальных условиях он должен быть прямым, что позволяет добиться максимальной эффективности.

Студентами и преподавателем кафедры экспериментальной физики была разработана система автоматического позиционирования солнечных батарей. В процессе разработки системы была выбрана необходимая элементная база, составлена принципиальная электрическая схема, написана программа работы микроконтроллера и разработана печатная плата. Данная система позволяет в автоматическом режиме позиционировать панели на солнце, что увеличивает количество запасаемой в течении дня энергии. Микроконтроллер, который осуществляет сравнение напряжений на панелях, управляет их положением с помощью шагового двигателя. Затраты с аккумулированной энергии на работу микроконтроллера и шагового двигателя минимальны и имеют меньшее значение, чем выигрыш энергии при постоянном позиционировании солнечных батарей на солнце.

ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫМ СИНТЕЗАТОРОМ ЧАСТОТЫ И СИСТЕМОЙ СЧИТЫВАНИЯ ДАННЫХ КВАДРАТУРНОГО ДЕМОДУЛЯТОРА СИГНАЛА ДЕТЕКТОРА МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ОСНОВЕ

Ярушин К.А.[1, 2], Щербинин С.В.[1, 2], Курляндская Г.В.[1, 3]

[1)] Уральский Федеральный Университет
[2)] Физико-технологический институт
[3)] Институт естественных наук и математики
E-mail: patriarh1390@gmail.com

DDS CONTROL AND MAGNETO-IMPEDANCE SENSOR SIGNAL LOCK-IN AMPLIFIER DATA READING PROGRAM

Yarushin K.A.[1, 2], Shcherbinin S.V.[1, 2], Kurlyandskaya G.V.[1, 3]
[1)] Ural Federal University
[2)] Institute of Physics and Technology
[3)] Institute of Natural Sciences and Mathematics

In scientific work, a program written in C# is considered, which controls Direct Digital Synthesizer, and also reads data from the ADC E20-10. The program runs in multi-threaded mode.

Тонкопленочные датчики слабых магнитных полей широко востребованы в сквозных технологиях цифровой экономики [1]. Разработанные в ИЕНиМ УрФУ тонкопленочные магнитные материалы для детекторов, работающих на основе гигантского магнитоимпедансного эффекта (ГМИ) позволяют фиксировать изменения внешних магнитных полей на уровне сотен микроэрстед, обладая крутизной характеристики порядка 1 Ом/Э в зоне максимальной чувствительности [2].

Цель настоящей работы – разработка программы управления цифровым синтезатором частоты и системой считывания данных квадратурного демодулятора сигнала детектора магнитного поля, функционирующего на основе магнитоимпедансного эффекта. Поскольку ГМИ-датчики работают в интервале частот от единиц до сотен мегагерц, в настоящей работе для повышения отношения сигнал/шум применена схема с квадратурной демодуляцией сигнала с последующим аналого-цифровым преобразованием и вычислением величины изменения напряженности магнитного поля.

Прототип ГМИ-детектора создан на основе пленочной наноструктуры типа [FeNi/Ti]x/Cu/[FeNi/Ti]x. Считывание данных с АЦП E20-10, расчет параметров в реальном времени и синхронизация с работой цифрового синтезатора частоты AD9959 требуют значительных вычислительных затрат, поэтому управляющая программа организована таким образом, что каждая задача выполняется в своем потоке. Применение принципа многопоточности позволило связать все системы

пленочного детектора с ноутбуком и создать компактный переносной датчик слабых магнитных полей на основе ГМИ-элемента.

1. Kurlyandskaya G.V., de Cos D., Volchkov S.O., Russ. J. of NonDestr. Test., 45(6), 377-398 (2009).
2. Kurlyandskaya G.V., Shcherbinina S.V., Buznikov N.A., Chlenova, Svalov A.V. Phys. Met. Metall., 120(13), 1–9 (2019).

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОБЛЕМНЫХ УЧАСТКОВ КОЖИ

Юрпольский Д.А.[1], Лагунов А.Ю.[1], Голышев А.В.[2]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
[2)] Архангельский клинический онкологический диспансер
E-mail: dmitry.yurpolsky@yandex.ru

DEVELOPMENT OF A HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR OPTICAL ANALYSIS OF PROBLEM AREAS OF THE SKIN

Yurpolsky D.A.[1], Lagunov A.Yu.[1], Golyshev A.V.[2]
[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
[2)] Arkhangelsk Clinical Oncological Dispensary

We have developed a mobile device for the optical analysis of problem areas of the skin to detect cancer. Monitoring identifies patients with suspected cancer, which will enable you to send the patient to a specialized center for effective treatment of cancer at an early stage.

Проблема заболеваемости раком остается одной из основных причин смертности на планете, а в частности в циркумполярном регионе, где вероятность заболеть раком коже выше. В связи с трудностью диагностики на ранней стадии болезни, из-за того что меланома в начальной стадии может проявлять признаки невуса, появляется необходимость помощи обнаружения болезни.

Нами разработан аппаратно-программный комплекс для оптического анализа проблемных участков кожи с целью выявления рака. За основу мы использовали методику ученых из Самарского государственного медицинского университета [1]. Прибор состоит из следующих блоков: видеокамера, светодиодное кольцо, управляющий модуль на базе Arduino Nano 3.0 и программный модуль.

Видеокамера имеет возможность макросъемки с десятикратным увеличением, что является минимальными требованиями для качественной съемки.

Светодиоды крепятся в виде кольца на объектив камеры. Имеется 9 светодиодов: 3 RGB – светодиода, 3 RGB – светодиода с поляризационным фильтром и 3 ИК (инфракрасных) светодиода. Так же имеется второй поляризационный фильтр, повернутый на 90о относительно первого, который является съемным.

Управление включением и яркостью светодиодов осуществляется через написанную программу для компьютера.

На рисунке 1 изображена принципиальная схема платы светодиодного кольца с подключением к Arduino Nano.

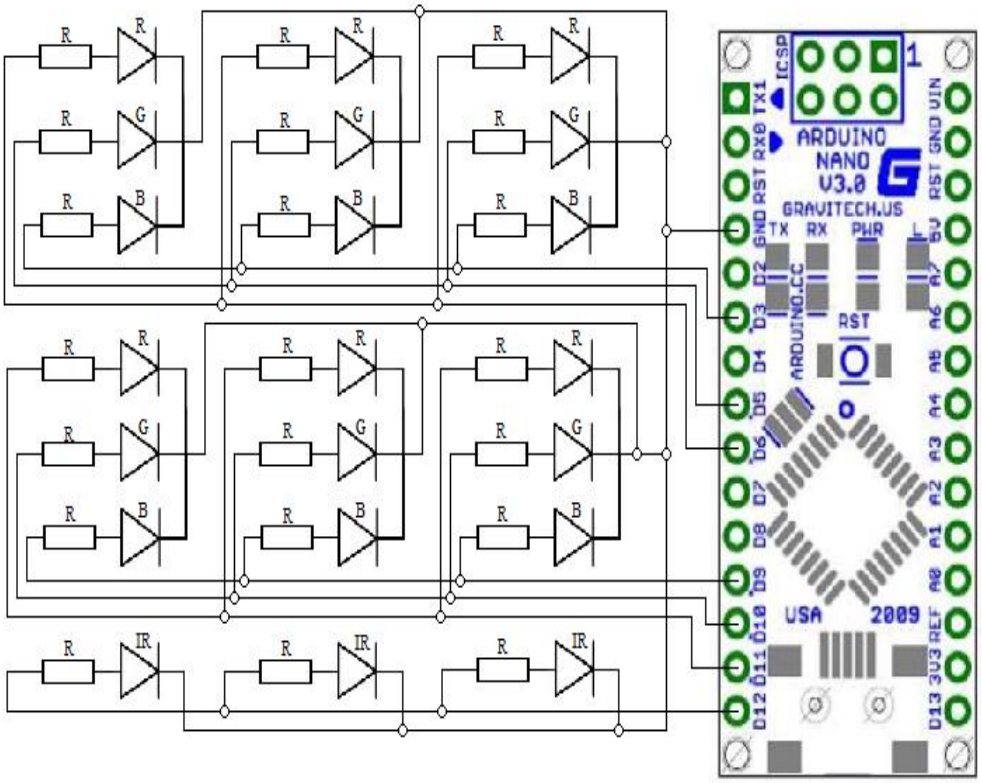


Рис. 1. Схема платы светодиодного кольца

RGB – светодиоды подключены через резисторы к ШИМ пинам (D: 3, 5, 6, 9, 10 и 11) для возможности регулирования яркости излучаемого света.

Соединение компьютера, Arduino и светодиодного кольца осуществляется с помощью USB кабеля.

Изображение проблемного участка, полученное через камеру, передается на компьютер для дальнейшего более глубокого анализа.

Прибор позволяет помочь начинающим врачам-терапевтам в выявлении и мониторинге больных. Благодаря такому прибору повышается вероятность обнаружения проблемы на ранней стадии.

1. Bratchenko I.A., Artemyev D.N. et al., J. of Biomedical Optics, 22 (2), 010901 (2017).

РАЗРАБОТКА БЛОКА АВТОНОМНОЙ РАЗВЕДКИ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО ПРИБОРА АНАЛИЗА КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Заболотний С.И.[1], Лагунов А.Ю.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
E-mail: zabolotny.seregei@yandex.ru

DEVELOPMENT OF AN AUTONOMOUS INTELLIGENCE UNIT FOR A MOBILE NATURAL GAS CONCENTRATION ANALYZER

Zabolotniy S.I.[1], Lagunov A.Y.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

We have developed an autonomous reconnaissance and return system for a mobile natural gas concentration analyzer for use on offshore platforms in the Arctic.

Разработка углеводородов в Арктике возможна только с применением морских нефтяных платформ [1]. Морская нефтяная платформа состоит из четырёх основных компонентов — корпуса, буровой палубы, якорной системы и буровой вышки. Корпус является понтоном, основание которого поддерживают колонны. Над корпусом находится буровая палуба, выдерживающая груз сотен тонн бурильных труб, а также — несколько грузоподъемных кранов и вертолетная площадка. Над буровой палубой возвышается буровая вышка, задачей которой является опускать к забою, а затем поднимать бур. Якорная система удерживает на месте всю конструкцию с помощью стальных швартовых тросов.

Буровая палуба имеет сложную структуру, на ней так же находятся отсеки для персонала, устройства отгрузки, энергетические системы и другие крупногабаритные элементы. В глубине платформы, в потенциально опасных к проникновению газа местах радиоволны могут сильно затухать, проходя сквозь металлические стены и сооружения. Из-за этого связь с устройством по радиоканалу может быть нестабильной или исчезнуть совсем. В этом случае, а также в случае отсутствия освещения требуется наличие возможности автономного перемещения прибора. Нами разработана система автономной разведки и возвращения на исходную позицию для мобильного прибора анализа концентрации природного газа.

Большая часть системы основана на инфракрасном датчике расстояния. Датчик способен измерять расстояние до объекта с помощью метода триангуляции. Импульсы инфракрасного излучения испускаются излучателем, после чего излучение распространяется и отражается от объектов, находящихся в поле зрения сенсора и отраженное излучение возвращается на приемник. Испускаемый и отраженный лучи образуют треугольник. Угол отражения напрямую зависит от расстояния до объекта. Полученные отраженные импульсы собираются высококачественной линзой и передаются на линейную CCD матрицу. По засветке

определенного участка CCD матрицы определяется угол отражения и высчитывается расстояние до объекта. Этот метод более защищен от эффектов интерференции излучения.

Датчик расстояния приводится в движение с помощью шагового двигателя. Это дает возможность устройству получить информацию о препятствиях вокруг него. После сканирования устройство составляет маршрут перемещения и запоминает его для возможности вернуться назад. Прибор также дополнительно оснастили датчиками касания для экстренного торможения.

1. M. Motomura, “Perspectives on oil and gas development in the russian arctic”, in Russia's Far North: The Contested Energy Frontier, edited by Veli-Pekka Tynkkynen et al. (Routledge, Abingdon, 2018), pp. 27-42.

СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НИТИ ДЛЯ 3D ПРИНТЕРОВ ИЗ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ

Закиров Н.М.[1], Тягунин А.В.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия
E-mail: zakirov.n.m@yandex.ru

TEMPERATURE CONTROL FOR 3D PRINTER'S FILAMENT RECOVERY SYSTEM FROM PLASTIC WASTE

Zakirov N.M.[1], Tyagunin A.V.[1]
[1)] Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia

Abstract is devoted to the description of a temperature control system for a plastic filament recovery device for 3D printers. The description includes the choice of the hardware components and the principle of the system unit's operation. In addition, the general principles of the PID-controller are described.

В связи с тем, что для установки для восстановления нити для 3D принтеров [2] необходим правильный подбор и поддержание температуры возникает необходимость в подключении регулятора температуры. Так как ручная настройка и поддержание необходимого уровня тока/напряжения (и, следовательно, температуры) выглядит довольно неудобно и недостаточно точно, то возникает потребность в создании программного регулятора температуры на основе датчика температуры NTC 3950, платформы Arduino, и MOSFET транзистора IRF3205. Последний в свою очередь будет управлять напряжением для нагревательной части.

Для реализации данной задачи было выбрано использование ПИД-регулятора напряжения. Пропорционально-интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятор – это устройство, расположенное в управляющем контуре с обратной

связью, которое используется в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала для получения необходимой точности и качества переходного процесса. ПИД-регулятор формирует сигнал который является суммой трех коэффициентов – пропорциональной разности входного сигнала и сигнала обратной связи (пропорциональный коэффициент), интеграл сигнала рассогласования (интегральный коэффициент), производная сигнала рассогласования (дифференциальный коэффициент) [1].

Описание принципа работы блока проекта:

Схема подключения изображена на рисунке 1.

При получении информации с термодатчика NTC 3950 платформа Arduino обрабатывает сигнал и преобразует его. Затем программный блок ПИД-регулятора получает и обрабатывает показание с датчиков и формирует необходимый сигнал для дальнейшей передачи его на MOSFET транзистор IRF3205, который в свою очередь подает напряжение на нагревательный элемент.

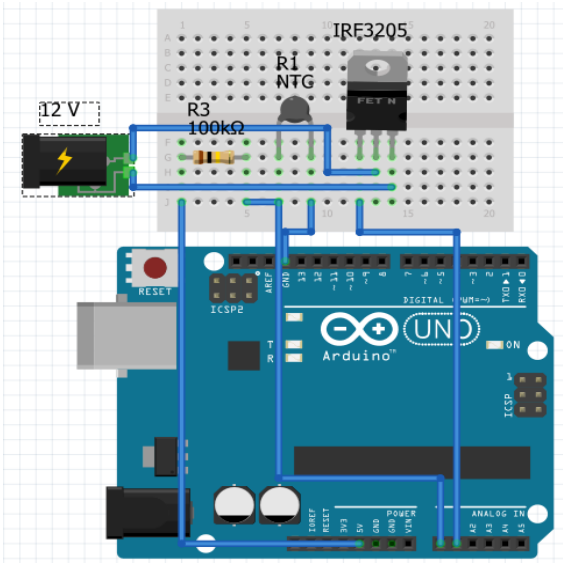


Рис. 1. Схема подключения элементов системы

1. Пропорционально-интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятор [режим доступа] https://webhamster.ru/mytetrashare/index/mtb0/1542095735g1kgs7irvh [дата обращения 20.12.2019]

2. Nail Zakirov, Anatoliy Tyagunin - The hardware-software complex for the processing of plastic waste to the filament for a 3D printer - https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5134423

РЕАЛИЗАЦИЯ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НИТРОСОЕДИНЕНИЙ

Зиятдинова А.Р.[1], Баранова А.А.[1], Хохлов К.О.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет, кафедра экспериментальной физики
E-mail: ziatdinova.adel2011@yandex.ru

IMPLEMENTATION OF MULTI-CHANNEL SYSTEMFOR THE DETECTION OF NITRO-EXPLOSIVES

Ziyatdinova A.R.[1], Baranova A.A.[1], Khokhlov K.O.[1]

[1)] Ural Federal University, department of experimental physics

The article deals with the modernization of the mobile device for explosives detection into a stationary system, divided into a remote sensor and a data collection system, in which the rest of the signal conversion process takes place.

Разработка и улучшение устройств для поиска нитросоединений необходимы для решения задач организации безопасности, экологического контроля, поиска запрещённых или несущих опасность веществ.

С физической точки зрения, основной принцип действия заключается в регистрации тушения люминесценции, т. е. изменения светового потока сенсорного элемента. Люминесцентные свойства различных соединений находят широкое применение в химической, биологической и медицинской технике благодаря высокой чувствительности и уникальным возможностям изучения возбужденных состояний молекул, фотохимических реакций, динамики быстрых молекулярных процессов, а также структуры и свойств сложных химических и биологических объектов. Тушение флуоресценции - это процесс, который уменьшает интенсивность индуцированного светового потока. К этому явлению могут привести несколько процессов, в том числе реакции в возбужденном состоянии, перенос энергии, образование комплексов при столкновениях молекул гасителя с молекулами флуоресцентного вещества (молекулами-сенсорами). В настоящее время гашение флуоресценции применяется в различных практических целях, в том числе для обнаружения взрывчатых веществ.

Одним из примеров подобных устройств является прибор, ранее описанный в статье [1]. При этом роль сенсора играет флуоресцентный полимер, реагирующий тушением флуоресценции при контакте с молекулами нитросоединения. Данный прибор успешно используется для обнаружения нитросоединений, и реализован в форме мобильного прибора. Однако имеются случаи, в которых более удобно и оправданно использование нескольких датчиков в определенных местах одновременно, вместо одного переносного прибора. Такими примерами являются турникеты в метро, аэропортах, вокзалах и на проходных предприятий.

Исходя из вышеупомянутых целей, возможно функциональное разделение на 2 части:

- выносные датчики

- пульт управления для сбора информации с выносных датчиков.

Пульт является индикатором состояния датчиков. При этом, характеристики стационарной системы следующие: подключение до 30 датчиков, расстояние между датчиками и пультом правления до нескольких десятков метров.

Структурная блок-схема модернизированной многоканальной системы контроля и обнаружения паров ВВ представлена на рисунке 1.

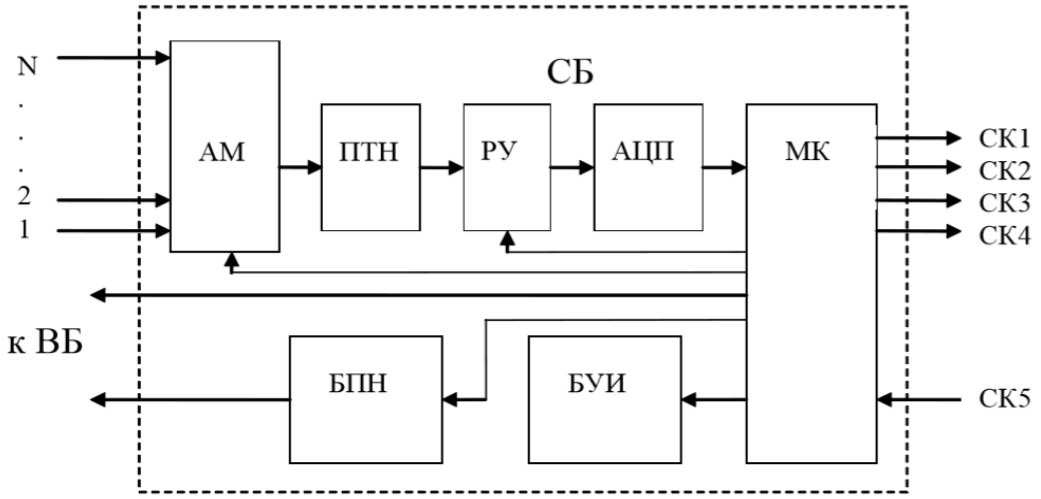


Рис. 1. Многоканальная система для контроля и обнаружения взрывчатых веществ

Она состоит из двух механически не связанных частей:
- выносной блок детектирования (ВБ);
- стационарный блок (СБ);

и содержит следующие основные структурные единицы:
- аналоговый мультиплексор (АМ);
- преобразователь ток-напряжение (ПТН);
- регулируемый усилитель (РУ);
- аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
- микроконтроллер (МК);
- блок управления и индикации (БУИ);
- блок питания насоса (БПН);
- набор сигналов типа «сухой контакт» (СК).

1. Baranova A. A., Khokhlov K. O., Journal of Physics: Conference Series, V. 552, P. 1-6 (2014).

КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОЩНОГО ИМПУЛЬСНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ

Зыкин Н.Д.[1], Сафоненко М.А.[1], Щербинин С.В.[1, 2]

[1)] Уральский Федеральный Университет
[2)] Институт электрофизики УрО РАН
E-mail: nokota2017@yandex.ru

CONTROL AND MEASUREMENT OF PARAMETERS OF POWERFUL PULSE ELECTRON ACCELERATOR

Zykin N.D.[1], Safonenko M.A.[1], Shcherbinin S.V.[1, 2]
[1)] Ural Federal University
[2)] Institute of Electrophysics UB RAS

The development of powerful pulse technology is inextricably linked with their introduction into various sectors of the national economy. Powerful pulsed electron accelerators are used for chemical synthesis and sterilization of medical equipment, in the processing of food and agricultural products.

Развитие мощной импульсной техники неразрывно связано с внедрением в различные отрасли народного хозяйства. Разработанные в ИЭФ УрО РАН мощные импульсные ускорители электронов находят применение не только для химического синтеза и стерилизации медицинского оборудования, но и в обработке пищевой и сельскохозяйственной продукции [1].

Наиболее экономически обоснованными для применения в аграрном секторе являются мощные импульсные ускорители электронов типа УРТ-1М благодаря надежности и простоте конструкции. Функционирование ускорителя УРТ-1М основано на коммутации высокого постоянного напряжения уровнем до 50 кВ с помощью тиратрона ТГИ-1 с дальнейшим повышением амплитуды высоковольтного импульса трансформатором и полупроводниковым прерывателем тока, и разрядом в вакуумной камере для получения мощного импульсного пучка электронов. Данная работа посвящена разработке и испытанию оборудования контроля высокого напряжения источника, формирования импульсов запуска тиратрона, контроля уровня вакуума в системе и измерению параметров электронного пучка при разряде в вакуумной камере мощных высоковольтных импульсов.

1. Соковнин С.Ю. Наносекундные ускорители электронов для радиационных технологий. Екатеринбург. УрГАУ. 2017 348 с.

СЕКЦИЯ 4

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ГАЛЛИЯ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ

Абакумова Е. В.[1], Свирский И. А.[1], Титова С. М.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г Екатеринбург, Россия
E-mail: abakumova.ekaterina98@gmail.com

SORPTION EXTRACTION OF GALLIUM FROM SULFURIC ACID SOLUTIONS

Abakumova E. V.[1], Svirskiy I. A.[1], Titova S. M.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work, the sorption extraction of gallium from sulfate solutions was investigated. The dependence of the capacity of the selected ion exchangers on the increase in the concentration of gallium is given. The largest capacity for gallium has Purolite S-957.

Галлий добывают попутно при переработке руд и минерального сырья алюминия, цинка, германия. Извлечение галлия из отходов цинкового производства вследствие бедности галлием и сложности их состава сопряжено со многими трудностями и обуславливает высокую стоимость металла [1].

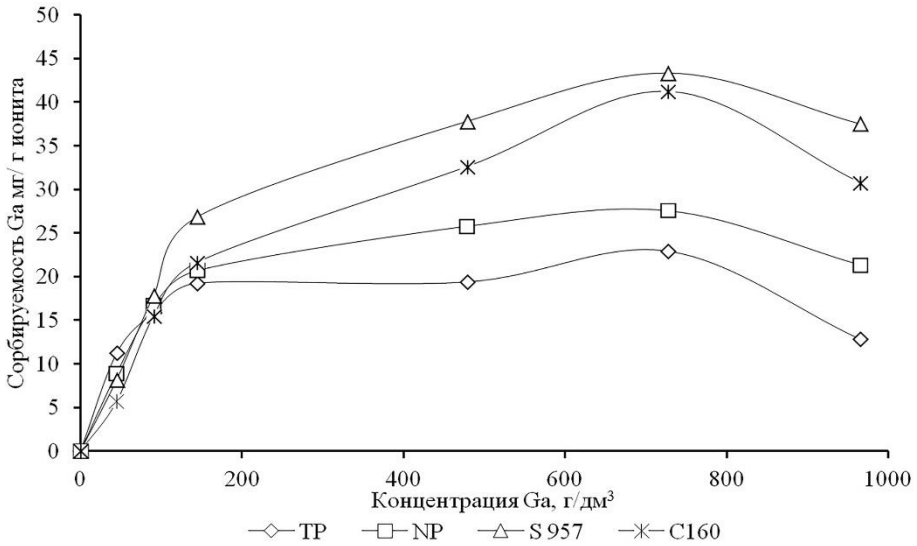


Рис. 1. Изотерма сорбции галлия

В сульфатнокислой среде доминирующей формой комплекса галлия является моносульфат $[GaSO_4]^+$ [2]. Предполагая, что галлий находится в виде катионного комплекса при сорбции из сернокислых растворов нами были выбраны следующие иониты: Purolite S-957, Axionit NP-1, Purolite C-160 и Lewatit TP-260. Purolite S-957 – хелатный катионит, у которого функциональными группами являются фосфоновая и сульфоновая кислоты. Axionit NP-1 – катионит смешанного типа с

α-амино-гем-дифосфоновой, карбоксильной и амидной функциональными группами. Purolite C-160 – катионит, функциональной группой которого является сульфоновая кислота. Lewatit TP-260 – амфолит с аминометилфосфоновой функциональной группой. Эксперимент проводили в статическом режиме при условиях: pH=0,95, Т:Ж=1:500, время контакта фаз 168 часов.

Из изотермы сорбции видно, что наибольшей емкостью из выбранных нами ионитов обладает катионит марки Purolite S-957. Purolite S-957 можно рекомендовать для дальнейшего изучения характеристик данного хелатного катионита для исследования на ионы галлия в сернокислых растворах.

1. Ершова Я. Ю. Физико-химические основы экстракции галлия и алюминия из щелочно-карбонатных растворов азотсодержащими экстрагентами фенольного типа: Дис. … канд.хим. наук. 05.17.02/ Я. Ю. Ершова; МГУ - Москва, 2015. – 132 с.

2. Радионов, Б. К. Галлий в водных растворах / Б. К. Радионов, Г. И. Мальцев. - Saarbrücken : Lambert acad. publ., 2013. – 313 с.

СОРБЦИЯ ЦЕЗИЯ И АЛЮМИНИЯ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ КАТИОНИТАМИ

Абдрахманова А.К.[1], Титова С.М.[1], Муравлева А.М.[1], Скрипченко С.Ю.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина.

E-mail: adelinakamilevna@rambler.ru

SORPTION OF CESIUM AND ALUMINUM FROM SULFURIC-ACID SOLUTIONS BY CATION-EXCHANGERS

Abdrahmanova A.K.[1], Titova S.M.[1], Muravleva A.M.[1], Skripchenko S.Yu.[1]

[1)] Ural Federal University.

The possibility of cesium separation from aluminum during conversion of waste of catalysts processing by use of cation-exchangers with different functional groups was studied. No one of investigated resins can be used for this purpose because of high values of sorption capacity for both Cs and Al.

Цезий, благодаря высокой химической активности, нашел широкое применение в различных отраслях промышленности, в частности, в производстве катализаторов, используемых для получения серной кислоты, аммиака и ряда других соединений [1].

Переработка отработанных катализаторов представляет собой сложный комплексный процесс, в результате которого получают ряд товарных продуктов, например, высокочистые оксиды металлов. Также отходы переработки катализаторов могут послужить вторичным источником ценных элементов. Так было

установлено, что отходы переработки цезийсодержащих катализаторов представляют собой алюмоцезиевые квасцы с химической формулой $CsAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, в которых содержание цезия составляет 33,50%. Таким образом, исследуемый является потенциальным источником цезия.

Алюминий является основной примесью при получении чистых соединений цезия из данного вида сырья. Массовая доля алюминия в квасцах, по данным рентгенофлуоресцентного анализа, составила 5,14%. Потому переработка представленных квасцов, в первую очередь, будет направлена на отделение цезия от алюминия, а затем на концентрирование.

В данной работе разделение алюминия и цезия осуществляли посредством сорбции из водного раствора алюмоцезиевых квасцов. Содержание цезия в исходном растворе составило 475,48 мг/дм^3, а концентрация алюминия – 63,74 мг/дм^3, значения pH раствора составило 2,8. Сорбцию вели в статическом режиме сульфоновым катионитом Purolite C160, хелатным катионитом ЭКО-10М, фосфорнокислым катионитом Purolite D5041 и ионитом NP2-NF с аминодифосфоновыми и карбоксильными функциональными группами. На рис. 1 приведены значения статической обменной емкости (СОЕ) данных катионитов по цезию и алюминию. Представленные катиониты не могут применяться для отделения цезия от алюминия при переработке алюмоцезиевых квасцов – иониты обладают высокими значениями СОЕ по Cs, однако, сорбция алюминия в данных условиях также осуществляется с высокой эффективностью.

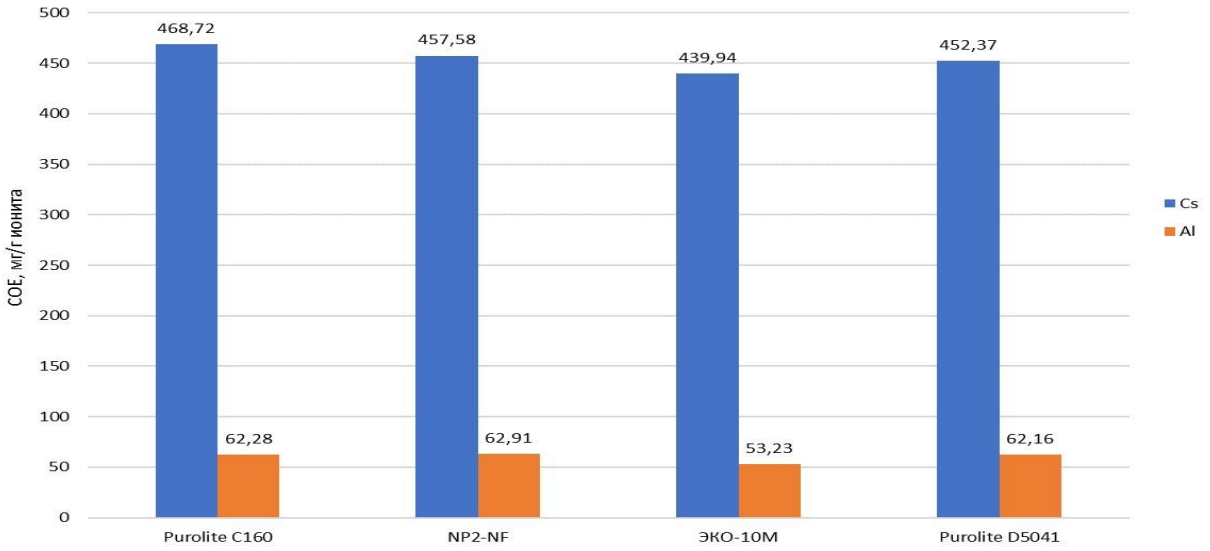


Рис. 1. Значения СОЕ катионитов

1. Коровин С.С., Зимина Г.В., Резник А.М. и др. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология. В 3-х книгах. Книга I. – Москва : «МИСИС», 1996. – 376 с.

КИНЕТИКА СОРБЦИИ ИОНОВ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ СУЛЬФОЭТИЛИРОВАННЫМ ПОЛИАМИНОСТИРОЛОМ ПРИ СОВМЕСТНОМ ПРИСУТСТВИИ В РАСТВОРЕ

Алифанова Л.М.к.[1], Гребенькова О.В.[1], Петрова Ю.С. [1], Неудачина Л.К.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: alifkhanova@rambler.ru

KINETICS OF SORPTION OF IONS OF NOBLE METALS SULFOETHYLATED POLYAMINOSTYRENE IN JOINT PRESENT IN THE SOLUTION

Alifkhanova L.M.k.[1], Grebenkova O.V.[1], Petrova Yu.S[1], Neudachina L.K.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin,

The kinetics of sorption of Pt(IV), Pd(II) and Au(III) ions by sulfoethylated polyaminostyrene was studied. It has been established that the rate of the sorption process is limited by the stage of chemical interaction of metal ions with functional groups of the sorbent.

Золото, платина и палладий играют важную роль в современной промышленности. Особенностью данных металлов является низкая распространенность в природе, а также их высокая стоимость. Всё это обуславливает необходимость разработки методов определения благородных металлов в различных объектах. Эффективным методом концентрирования и выделения является сорбция ионов металлов на комплексообразующих материалах, сочетающая простоту аппаратурного оформления и высокую селективность. Одной из важнейших характеристик комплексообразующих сорбентов является скорость достижения равновесия при сорбции ионов металлов из растворов. В данной работе объектом исследования является сульфоэтилированный полиаминостирол (СЭПАС) со степенями модифицирования от 0.5 до 1.0.

Целью работы являлось изучение кинетики сорбции ионов платины (IV), палладия (II) и золота (III) в виде их хлоридных комплексов в присутствии ионов меди (II), кадмия (II), никеля (II), кобальта (II), цинка (II) сульфоэтилированным полиаминостиролом с различными степенями модифицирования.

Синтез сорбента описан в [1]. Зависимость сорбции ионов платины (IV), палладия (II), золота (III), меди (II), кадмия (II), никеля (II), кобальта (II), цинка (II) от времени изучали при совместном присутствии в растворе методом ограниченного объема при pH 2.0. Содержание ионов металлов в растворах до и после сорбции определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре iCAP 6500.

Установлено, что СЭПАС при данном значении pH преимущественно сорбируются ионы палладия (II) и золота (III). Степень извлечения остальных ионов металлов незначительна. Показано, что равновесие сорбции золота (III) устанавливается в течение 120 минут контакта фаз. Для достижения равновесия сорбции

палладия (II) требуется большее время. Показано, что степень модифицирования сорбента не влияет на скорость достижения равновесия в системе «раствор солей металлов - СЭПАС».

Для выявления механизма взаимодействия ионов металлов с функциональными группами сорбента проведена математическая обработка полученных кинетических кривых сорбции СЭПАС моделями диффузионной и химической кинетики. Определены константы скорости сорбции, установлено, что скорость процесса лимитируется стадией химического взаимодействия ионов металлов с функциональными группами сорбента.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта Аспиранты, № 19-33-90081.

1. Alifkhanova L.M.k., Pestov A.V., Mekhaev A.V. [et al.], J. Environ. Chem. Eng. 2019,7,1.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В ЖИДКОСОЛЕВЫХ РАСПЛАВАХ (ФЛИНАК) МЕТОДОМ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПЛАВЛЕНИЯ

Антипова К.С.[1], Данилов Д.А.[1], Половов И.Б.[1],
Золотарев Д.А.[1], Максимцев К.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: ksenija_97.10@bk.ru

DETERMINATION OF OXYGEN IN FLINAK BY CARRIER GAS HOT EXTRACTION

Antipova K.S.[1], Danilov D.A.[1], Polovov I.B.[1],
Zolotarev D.A.[1], Maksimtsev K.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Carrier gas hot extraction was used for determine oxygen in FLiNaK. Additive and multiplicative components of reproducibility were established.

Расплавы на основе фторидов щелочных металлов (FLiNaK) находят свое применение в качестве теплоносителей в перспективных жидкосолевых реакторах [1,2]. Применение данных расплавов связано с их малым сечением захвата нейтронов, высокой температурной стабильностью и теплопроводностью, большой удельной теплоемкостью и температурой кипения (Ткип=1570 °С), а также низким давлением насыщенного пара. Содержание кислорода в такой системе — это важный технологический параметр, требующий жесткого контроля.

Метод восстановительного плавления в потоке инертного газа классически применяется для определения кислорода в металлах и сплавах. Он основан на выделении кислорода из объекта анализа в виде окиси углерода в процессе взаимодействия с углеродом тигля. CO переносится инертным газом в блок детектирования и регистрируется с помощью недисперсионного ИК датчика.

Анализ проводился на газоанализаторе Horiba EMGA-620W. Для доказательства правильности и повторяемости методики была проведена серия измерений с использованием метода добавок в сочетании с методом разбавления [3]. В качестве добавки использовался графитовый порошок с аттестованным содержанием кислорода, а в качестве разбавителя – дегазированный графитовый порошок.

Точность измерений составила 10 %. Систематическая погрешность — не значима.

Разработанная методика может быть использована при контроле содержания кислорода в расплаве LiF-NaF-KF.

1. Игнатьев В.В., Создание экспериментальных установок и базы данных для выбора и усовершенствования жидкосолевых топливных композиций и теплоносителей в ядерных реакторах: диссертация на соискание ученой степени докт. техн. наук, Москва, 308, (2007).

2. Zong G., Zhi-Bing Zhang, Jia-Hong Sun, Ji-Chang Xiao,Preparation of high-purity molten FLiNaK salt by the hydrofluorination process,Journal of fluorine chemistry, (2017)

3. РМГ 61 – 2010. Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. ,Москва: Стандартинформ, (2012).

КИНЕТИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ХЛОРИДА НЕОДИМА С КИСЛОРОДОМ В РАСПЛАВАХ ХЛОРИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Бадретдинова Е.И.[1], Волкович В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: badretdinova_elena13@mail.ru

KINETICS OF REACTION OF NEODYMIUM CHLORIDE WITH OXYGEN IN ALKALI CHLORIDE MELTS

Badretdinova E.I.[1], Volkovich V.A.[1]
[1)] Ural Federal University

Electronic absorption spectroscopy was applied for studying the reaction of solutions of neodymium chloride with oxygen in alkali chloride based melts. The experiments were performed at 450–750 ºC in the melts based on 3LiCl–2KCl eutectic mixture. The reaction followed first-order kinetics.

Расплавы на основе смесей хлоридов щелочных металлов могут быть использованы в различных технологических процессах, включая рабочие электролиты для электролитического получения и рафинирования редких (включая редкоземельные) металлов, переработки отработавшего ядерного топлива. Неодим является одним из продуктов деления урана, образующихся с высоким выходом. Кислород – одна из самых распространённых технологических примесей и его присутствие может повлиять на ионно-координационное состояние неодима в солевом электролите и на ход технологического процесса. Целью настоящей работы являлось исследование взаимодействия расплавов на основе хлоридов щелочных металлов, содержащих трихлорид неодима, с кислородом.

Удобным способом исследования процессов, протекающих в галогенидных расплавах, содержащих ионы металлов с частично заполненными f-орбиталями, является электронная спектроскопия поглощения, которая была использована в настоящей работе. Эксперименты выполняли в расплавах на основе эвтектической смеси 3LiCl–2KCl в интервале 450–750 ºC. Исходную концентрацию хлорида неодима варьировали от 1,53•10-5 до 9,7•10-5 моль/л. Через расплав порциями пропускали кислород. Под действием кислорода происходит образование малорастворимого оксихлорида неодима:

$NdCl_6^{3-} + ½\ O_2 \rightarrow NdOCl\downarrow + Cl_2 + 3Cl^-$.

После осаждения частиц NdOCl проводили регистрацию спектров поглощения, по изменению интенсивности судили о снижении концентрации ионов неодима в расплаве. Пример полученных данных представлен на рисунке.

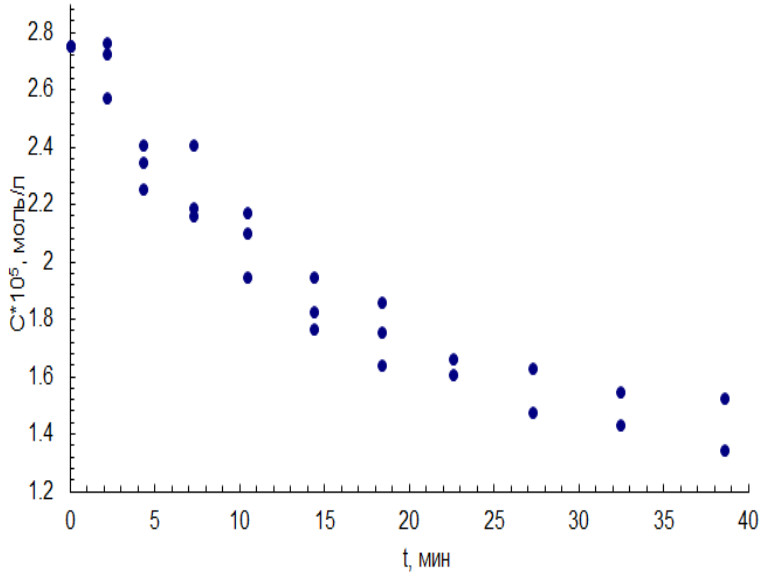


Рис. 1. Изменение концентрации Nd в расплаве LiCl–KCl–$NdCl_3$ в процессе пропускания газообразного кислорода. T = 750 °C, исходная концентрация неодима 2,75 · 10^{-5} моль/л. Общий объём пропущенного кислорода – 2 $дм^3$.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БАРИЯ НА ПОВЕДЕНИЕ OSC-МАТЕРИАЛОВ В СОСТАВЕ ТРЕХМРАШРУТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Бакшеев Е.О.[1, 2], Аликин Е.А.[2], Машковцев М.А.[1], Денисов С.П.[2]

[1)] Уральский Федеральный Университет
[2)] ООО Экоальянс
E-mail: rzmetall102@gmail.com

INVESTIGATION OF THE BARIUM EFFECT ON BEHAVIOUR OF THE OSC-MATERIAL IN THE COMPOSITION OF THREE-WAY CATALYSTS

Baksheev E.O.[1, 2], Alikin E.A.[2], Mashkovtsev M.A.[1], Denisov S.P.[2]

[1)] Ural Federal University
[2)] Ecoaliance LLC

The work is devoted to the study of the barium effect on the physicochemical properties of cerium-zirconium solid solutions and Pd/OSM catalytic systems based on them.

Материалы с высокой кислородной емкостью (OSC) являются неотъемлемой частью трехмаршрутных катализаторов (TWC). Чаще всего, OSC - материалы представляют из себя твердые растворы оксида церия и циркония. Оксид церия гасит колебания кислорода в выхлопных газах, сохраняя его содержание на поверхности катализатора равным стехиометрическому соотношению. Такие условия обеспечивают эффективное окисление CO и углеводородов до CO_2 и H_2O

одновременно с восстановлением NO_x до N_2. Установлено, что цирконий является наиболее эффективной добавкой для стабилизации решетки CeO_2. В тоже время известно, что барий оказывает положительное влияние на термостабильность и каталитическую активность второй части TWC - Pd / Al_2O_3 [1, 2]. Как известно, Pd может эффективно промотировать OSC, поэтому он часто наносится на поверхность OSC-материалов. Тем не менее, влияние Ba на свойства OSC-материалов и каталитических систем Pd/OSC до сих пор плохо освещено в литературе. Таким образом, настоящее исследование было направлено на выявление этого эффекта для катализаторов Pd/OSC.

В качестве OSC-материала использовали твердый раствор состава $Zr_{0.5}Ce_{0.4}Y_{0.05}La_{0.05}O_x$ (CZYL). Катализатор Pd/CZYL готовили методом пропитки порошкового носителя растворов нитрата палладия. Полученный порошок измельчали в дистиллированной воде, и полученную суспензию использовали для нанесения на кордиеритовые сотовые субстраты (52 $см^3$, Corning). Загрузка активной композиции на субстрат составляла 60 $г/дм^3$ (типичное содержание компонента OSC в блоке каталитическом). Образцы с покрытием сушили при 120 °C в течение 2 часов и прокаливали при 550 °C в течение получаса. Образец Pd-Ba / CZYL был приготовлен по той же методике с добавлением соли $Ba(NO_3)_2$ на стадии измельчения. Загрузка Pd и Ba относительно носителя составляла 1 и 3 мас. %, соответственно.

Измерение кислородной емкости проводили в проточной реакторной системе (MEXA-9500 HORIBA), согласно методике [3]. Гидротермальное старение (HTA) модельных образцов проводили в следующих условиях: T = 1050 °C; t = 4 ч; 10% H_2O + 90% N_2. Образцы после HTA были обозначены как Pd/CZYL-A и Pd-Ba/CZYL-A. Образцы соскобленных покрытий были исследованы с помощью ряда физико-химических методов (BET, XRD, XPS, TEM + EDX и т.д.).

Показано, что добавление бария приводит к снижению удельной площади поверхности (SSA), так и общего объема пор (TPV) свежих образцов. После HTA спекание структуры для барий-содержащего образца становится более интенсивным.

Установлено, что модификация системы Pd/CZYL барием приводит к заметному снижению OSC как для свежих, так и для состаренных образцов.

Наблюдаемый отрицательный эффект бария, вероятно, связан с образованием фазы цирконата бария, которая была обнаружена с помощью XRD.

Таким образом, можно сделать вывод, что добавление бария отрицательно влияет на свойства OSC - материалов. Этот факт следует учитывать при разработке составов трехмаршрутных катализаторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, соглашение о предоставлении субсидии от 23.10.2017 г. № 14.581.21.0028 (уникальный идентификатор соглашения RFMEFI58117X0028), в рамках ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы"

1. T. Kobayashi, T. Yamada, K. Kayano, Appl. Catal. B-Environ. 30 (2001) 287–292

2. T. Kolli, U. Lassi, K. Rahkamaa-Tolonen, T. Kinnunen, R. Keiski, Appl. Catal. A-Gen. 298 (2006) 65-72
3. A.V. Porsin, E.A. Alikin, V.I. Bukhtiyarov, Catal, Sci, Technol, 6 (2016) 5891–5898

ДЕХЛОРИРОВАНИЕ ПОЛИХЛОРБИФЕНИЛОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С МЕТОКСИДОМ НАТРИЯ В СРЕДЕ ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДА И ЭТАНОЛА

Бардина М.Н.[1, 2], Первова М.Г.[3], Горбунова Т.И.[3],
Куликова Т.В. [1, 2], Майорова А.В.[1, 2]

[1)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Институт органического синтеза УрО РАН имени И. Я. Постовского, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: maskoooy@mail.ru

DECHLORINATION OF POLYCHLORINATED BIPHENYLS IN THE INTERACTION WITH SODIUM METHOXIDE IN THE PRESENCE OF DIMETHYLSULFOXIDE AND ETHANOL

Bardina M.N[1, 2], Pervova M.G.[3], Gorbunova T.I.[3],
Kulikova T.V.[1, 2], Maiorova A.V.[1, 2]

[1)] Institute of Metallurgy of UB RAS, Ekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[3)] Institute of Organic Synthesis of UB RAS, Ekaterinburg, Russia

The objective of this work were the theoretical and experimental studies of nucleophilic substitution reactions of chlorine atoms in the PCBs structure during interaction with CH_3ONa in the presence of DMSO/ Ethanol.

Объектом исследований настоящей работы являются реакции нуклеофильного замещения атомов хлора в структуре полихлорбифенилов (ПХБ) (техническая смесь марки «Совол») при взаимодействии с метоксидом натрия (CH_3ONa) в среде растворителей диметилсульфоксида (ДМСО)/этанола.

Термодинамическое моделирование реакции нуклеофильного замещения проведено с использованием программного комплекса «HSC». По результатам моделирования установлено, что замещения атомов хлора в структуре ПХБ на этокси-, метокси-, гидрокси- группы протекает полностью при мольном соотношении CH_3ONa/ПХБ = 4:1, ДМСО/этанол = 3:1. Увеличение температуры процесса с 100 до 150 ºС проводит к незначительным изменениям степени конверсии исходных конгенеров, входящих в состав смеси марки «Совол».

Экспериментальные исследования взаимодействия смеси ПХБ марки «Совол» с CH_3ONa в среде ДМСО и этанола при T = 145 ºC в течение 10 ч показывают, что конверсия исходных конгенеров составляет 99.7%. Основными продуктами реакции являются гидрокси-, метокси-, этокси-, этокси(метокси)-, этокси(гидрокси)-, метокси(гидрокси)- производные ПХБ. Согласно результатам элементного анализа, проведение данного химического процесса позволило примерно в 1.5 раза снизить содержание хлора, как элемента в конечных продуктах, по сравнению с исходной смесью ПХБ марки «Совол». Результаты термодинамического моделирования процессов взаимодействия конгенеров ПХБ, содержащихся в смеси «Совол», с CH_3ONa в среде ДМСО / этанола и экспериментальные данные подтверждают, что выбранные условия приводят к высокой степени конверсии исходных конгенеров ПХБ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-29-24126)

РАЗРАБОТКА СТАДИИ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ^{90}Sr ИЗ ПРОБ СЛАБОМИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕОРГАНИЧЕСКОГО СОРБЕНТА ТЕРМОКСИД-3К

Белоконова Н.В.[1], Воронина А.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: nadyusha.ru2@gmail.com

DEVELOPMENT OF THE ^{90}Sr CONCENTRATION STAGE FROM SAMPLES OF WEAKLY MINERALIZED WATER USING THE INORGANIC SORBENT THERMOXID-3K

Belokonova N.V.[1], Voronina A.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Sorption and desorption of ^{90}Sr by a T-3K sorbent from tap water was studied under dynamic conditions. It was shown that the yield in single-stage concentration was 88.5%, in two-stage concentration - 96.0%. The degree of desorption of strontium with a solution of 1M HCl was 100% .

Проблема мониторинга искусственных радионуклидов в поверхностных и подземных водах Свердловской области, особенно актуальна в связи с расположением на территории региона большого количества предприятий ГК «Росатом». Размещение в г. Новоуральск пункта захоронения радиоактивных отходов 3-4 класса (среднеактивные отходы с периодом полураспада до 31 года и низкорадиоактивные отходы) обуславливает необходимость разработки методов определения искусственных радионуклидов (^{137}Cs, ^{90}Sr, плутоний) в объектах

окружающей среды, прежде всего в подземных водах. Обеспечение радиационной безопасности объекта предполагает мониторинг его санитарно-защитной зоны, для чего на объекте ежеквартально отбираются пробы подземных вод. Используемые в настоящее время методы определения искусственных радионуклидов не удовлетворяют требованиям по пределу обнаружения радионуклидов и экспрессности. Для разработки методов определения радионуклидов с низким пределом обнаружения необходима разработка стадий концентрирования и выделения радионуклидов. В качестве сорбентов для разработки методов могут быть использованы сорбенты марки «Термоксид», производства ПНФ «Термоксид», г. Заречный.

В работе исследованы сорбция и десорбция радионуклида ^{90}Sr из водопроводной воды в динамических условиях неорганическим сорбентом Т-3К. Т-3К – сферогранулированный сорбент, представляющий собой карбонатсодержащий гидроксид циркония [1]. Для разработки метода определения ^{90}Sr через 1 г сорбента в динамических условиях пропускали 0,5 л предварительно отстоянной, отфильтрованной и меченой радионуклидом ^{90}Sr водопроводной воды (pH=8,25) со скоростью 250 мл/час, проводя сорбционное концентрирование и определяя выход ^{90}Sr в концентрат на стадии сорбции. Затем фильтрат пропускали повторно, проводя двойное концентрирование. Десорбцию ^{90}Sr проводили раствором 1М HCl. При одинарном концентрировании K_d*=3,9·10^{3}мл/г, а при двойном K_d*=1,2·10^{4}мл/г (K_d* - кажущийся коэффициент распределения, неравновесный, определён в условиях концентрирования). Результаты десорбции представлены на рис. 1.

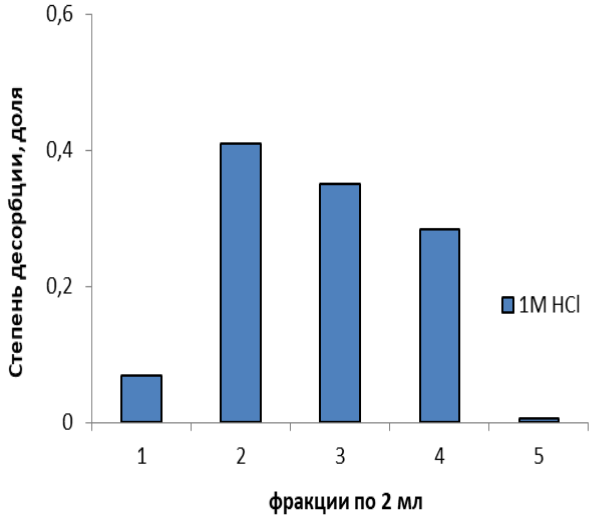


Рис. 1. Десорбция ^{90}Sr из сорбента Т-3К раствором 1М HCl

Для повышения выхода ^{90}Sr в концентрат на стадии сорбции необходимо применение двойного концентрирования или увеличение массы сорбента. Суммарная степень десорбции ^{90}Sr из сорбента Т-3К составила 100%. Разработка метода

определения ^{90}Sr в пробах природных вод будет возможна только после оптимизации условий концентрирования и десорбции стронция.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Свердловской области в рамках проекта № 20-43-660055.

1. Шарыгин Л.М., Калягина Л.М., Боровкова О.Л. Синтез золь-гель методом карбонатсодержащего гидроксида циркония (IV) и исследование его сорбционных свойств по отношению к щелочноземельным элементам. Журнал прикладной химии. 2009. Т. 82. Вып.5. С.762-765.

СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ МЫШЬЯКА И СУРЬМЫ ИЗ НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОКСИДА МАРГАНЦА (IV)

Белозерова А.А.[1, 2], Печищева Н.В.[1, 2], Шуняев К.Ю.[1, 2]

[1)] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Института металлургии Уральского отделения РАН

[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

E-mail: aa_belozerova@mail.ru

SORPTION RECOVERY OF ARSENIC AND ANTIMONY FROM NICKEL-CONTAINING SOLUTIONS USING MANGANESE (IV) OXIDE

Belozerova A.A.[1, 2], Pechishcheva N.V.[1, 2], Shunyaev K.Yu.[1, 2]

[1)] Institute of Metallurgy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

[2)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

An effective collector for the separation of impurities is hydrated MnO_2. The separation and concentration of As and Sb from solutions by coprecipitation on freshly prepared MnO_2 from hot solutions was studied.

Мышьяк и сурьма является токсичными элементами, способным оказывать вредное воздействие на окружающую среду и человека, а также на качество товарной продукции металлургического производства. Для контроля содержания мышьяка и сурьмы в различных объектах широко используется атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС).

В ряде случаев чувствительность прямого ИСП-АЭС определения примесных элементов бывает недостаточной, в частности, для контроля веществ высокой чистоты. В таких случаях проводят предварительное концентрирование элементов. Выбор метода концентрирования зависит от природы анализируемого материала, а также от природы и количества определяемых примесей и ряда

других факторов. Одним из довольно простых и удобных методов концентрирования является соосаждение примесей на коллекторах. Эффективным коллектором для выделения примесей является гидратированный диоксид марганца.

Было изучено разделение и концентрирование мышьяка и сурьмы из растворов соосаждением на свежеполученном оксиде марганце (IV) из горячих растворов (по реакции 1 с последующим растворением осадка в соляной кислоте)

$$3MnSO_4 + 2KMnO_4 + 2H_2O \rightarrow 5MnO_2 + K_2SO_4 + 2H_2SO_4 \quad (1)$$

Установлены оптимальные условия извлечения мышьяка и сурьмы с использованием оксида марганца (IV) из никельсодержащих растворов (pH, время коагулирования осадка, количество исходных реагентов). Данные условия были применены для ИСП-АЭС определения мышьяка и сурьмы в стандартных образцах состава никелевых сплавов.

При оптимальном значении pH были получены изотермы адсорбции мышьяка и сурьмы на свежеполученном оксиде марганце (IV), которые были обработаны при помощи адсорбционных моделей Ленгмюра, Фрейндлиха, Дубинина-Радушкевича.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ДЕГИДРИРОВАНИЯ Н-БУТАНА

Дерюгина О.П.[1], Бичевина Е.А.[1]

[1)] ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия
E-mail: katyabichevina@mail.ru

IMPROVING THE ENVIRONMENTAL SAFETY AND EFFICIENCY OF THE PROCESS OF DEHYDROGENATION OF N-BUTANE

Deryugina O.P.[1], Bichevina E.A.[1]

[1)] Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

In this paper, the problem of the loss of the target product, butadiene-1,3, from the blowing off of the column of the single-stage dehydrogenation unit of n-butane due to the withdrawal of the gas mixture to the flare system is considered.

В данной работе рассмотрена проблема потери целевого продукта, бутадиена-1,3, со сдувок колонны установки одностадийного дегидрирования н-бутана вследствие вывода смеси газов на факельную систему [1]. Установка является составной частью производства «Бутадиен» крупного нефтехимического предприятия, находящегося на территории Российской Федерации. Объектом исследования является установка выделения и очистки бутадиена -1,3 из фракции С4, полученной одностадийным дегидрированием бутана под вакуумом. Вывод смеси газов на факел обусловлен подачей азота в верхний отбор уровнемерной колонны

для предотвращения образования термополимера, который относится к пирофорным соединениям и способен самовозгораться при взаимодействии с кислородом воздуха. Произведен расчет по нахождению температуры конденсации смеси газов, определению физико-химических свойств, поверхности теплопередачи и параметрам конденсатора. Внесено предложение по повышению эффективности узла и экологической безопасности процесса путем установки теплообменного оборудования, конденсатора типа «труба в трубе», на линии сдувок колонны, конденсирующего целевой продукт бутадиен-1,3 и сокращая выбросы продуктов его сгорания [2]. Расчет экономического эффекта возможной реализации, капитальных вложений, затрат на эксплуатацию показал рациональность предложения для дальнейшего применения его на установке одностадийного дегидрирования н-бутана производства «Бутадиен».

1. Химия и технология мономеров для синтетических каучуков [Текст] : Учебное пособие для вузов / П. А. Кирпичников [и др.] . Л. : Химия, 1981. - 264 с.
2. Технологический регламент на производство получения бутадиена одностадийным дегидрированием бутана.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА СОРБЦИИ ЦЕЗИЯ ПРИРОДНЫМИ И МОДИФИЦИРОВАННЫМИ СОРБЕНТАМИ НА ОСНОВЕ КЛИНОПТИЛОЛИТА ИЗ ПОЧВЕННЫХ РАСТВОРОВ

Блинова М.О.[1], Воронина А.В.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет Физико-технологический институт
E-mail: m.o.blinova@urfu.ru

THE STUDY OF KINETICS OF STRONTIUM SORPTION BY NATURAL AND MODIFIED ALUMINOSILICATES

Blinova M.O.[1], Voronina A.V.[1]
[1)] Institute of Physics and Technology of Ural Federal University

The mechanisms of cesium sorption by natural (clinoptilolite, glauconite) and modified mixed nickel-potassium ferrocyanides (NKF-Kl, NKF-Gl) aluminosilicates from soil solutions was studied. The results showed that internal diffusion limited cesium sorption by the ferrocyanide sorbents.

При реабилитации радиоактивно-загрязненных территорий сорбционный метод может быть использован для очистки природных и подземных вод, снижения перехода радионуклидов из почвы в сельскохозяйственные растения. Переход радионуклидов в системе почва - растение происходит через почвенный раствор. Для того чтобы установить скорость протекания этих реакций, а также оценить

возможность использования сорбентов для очистки загрязненных территорий, необходимо исследовать кинетические характеристики процесса сорбции [1,2].

Методом поверхностного модифицирования были получены ферроцианидные сорбенты - смешанные ферроцианиды никеля-калия на основе природных алюмосиликатов (глауконита и клиноптилолита). Исследован состав опытного образца почв и почвенных растворов. Изучены особенности кинетики сорбции цезия из почвенных растворов природными алюмосиликатами и ферроцианидными сорбентами на их основе.

Сравнение констант скорости сорбции позволило установить, что скорость перемешивания раствора влияет на скорость сорбция цезия природными алюмосиликатами только на первой стадии, модифицированными алюмосиликатами только на первой стадии сорбции и только до скорости 480 об/мин [3]. Полученные значения коэффициентов диффузии позволяют сделать предположение о том, что процесс сорбции лимитирует диффузия цезия в порах сорбента разного размера, чему соответствуют значения коэффициентов диффузии на уровне 10^{-12} $м^2/с$. На основе полученных данных описаны механизмы сорбции цезия природными и модифицированными алюмосиликатами из почвенных растворов.

1. Алексахин Р. М. Радиоактивное загрязнение почв как тип их деградации. Почвоведение, №12, p.1487 – 1498 (2009).

2. Алексахин Р. М., Сычев В. Г. Радиоэкологические аспекты реабилитации сельского хозяйства после аварии на АЭС «Фукусима Даичи». Плодородие, 4 (73), p.2 – 6 (2013).

3. Кокотов Ю.А., Пасечник В.А. Равновесие и кинетика ионного обмена. Л.: Химия. 1970. 336 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЯДА ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕНИЯ ИЗ РАСТВОРОВ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА

Бочкарева Ж.С.[1], Таукин А.О.[1], Кириллов С.В.[1], Кириллов Е.В.[1], Буньков Г.М.[1], Боталов М.С.[1], Смышляев Д.В.[1], Рычков В.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: bochkareva.zhanna@urfu.ru

INVESTIGATION OF SORPTION CHARACTERISTICS OF A NUMBER OF ION EXCHANGE RESINS FOR RHENIUM EXTRACTION FROM URANIUM IN-SITU LEACHING SOLUTIONS

Bochkareva Zh.S.[1], Taukin A.O.[1], Kirillov S.V.[1], Kirillov E.V.[1], Bunkov G.M.[1], Botalov M.S.[1], Smyshlyaev D.V.[1], Rychkov V.N.[1]

[1)] Ural Federal University

A number of ion-exchange resins were studied and their sorption characteristics were calculated 1n order to provide a better theoretical basis for using underground uranium leaching solutions as a source of rhenium. Also, the most selective to rhenium ion exchange resin was selected.

Традиционно, конечным продуктом технологических схем извлечения рения из растворов является перренат аммония NH_4ReO_4, который используют как исходный материал при получении металлического рения. Значительно реже технология заканчивается получением рениевой кислоты $HReO_4$ [1,2,3].

Известно, что собственные минералы рения встречаются крайне редко, а его кларк в земной коре составляет примерно 0,0007 г/т [4], поэтому основными источниками добычи рения являются различные техногенные источники.

Для рения характерна геохимическая связь с ураном и молибденом [5], поэтому, растворы подземного выщелачивания урана являются перспективным источником для промышленного извлечения рения. В связи с общей тенденцией к снижению содержания данного металла в перерабатываемом сырье и вовлечением в переработку некоторых новых сырьевых источников в технологии рения начинают занимать доминирующее место ионообменные процессы, которые решают проблему концентрирования его из растворов сложного состава, а так же отделения от сопутствующих компонентов, а выбор сорбента становится важной технологической задачей.

Для осуществления подбора наиболее селективного к перренат-иону сорбента была проведена серия опытов по насыщению подготовленных ионитов (Таблица 1) из модельного сернокислого раствора с концентрацией рения 1г/дм^3.

Ионит	Статическая обменная емкость, мг/л	Степень извлечения, %
lewatit	179,86	96,69
А 172	178,61	96,02
А170	171,33	92,10
PFA 460/4783	169,54	91,14
WBR	165,32	88,88
АНКБ - 2	160,28	86,17
АМФ-2-7п	31,96	17,18
АМФ - 2-7П	30,66	16,48
АНКФ-80 - 7п	28,28	15,20
АМФ - 86-7П	19,76	10,62

Рис. 1. Сорбционные характеристики исследуемых ионитов

После наступления равновесия проводили разделение смолы и раствора, последние анализировали на содержание рения с использованием масс-спектрометра NexION 350x и, по результатам анализа, рассчитывали сорбционные характеристики исследуемых ионитов.

1. Palant A. A., Troshkina I. D., Chekmarev A. M., Kostylev A. I. The technology of rhenium. Moscow : Galleya-Print, 2015. 328 p.

2. Paretskiy V. M., Besser A. D., Gedgagov E. I. Increasing the production of rhenium from ore and man-made materials. Tsvetnye Metally. 2008. No. 10. pp. 17–21.

3. Anderson C. D., Taylor P. R., Anderson C. G. Extractive metallurgy of rhenium: a review. Minerals & Metallurgical Processing. 2013. Vol. 30, No. 1. pp. 59–73.

4. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962. Т. 7. С. 555-571

5. Редкие и рассеянные элементы: Химия и технология: В 3 кн. Кн. 3. Учебник для вузов / С.С. Коровин, В.И. Букин, П.И. Федоров, А.М. Резник / Под ред. С.С. Коровина М.: МИСИС, 2003. 440с.

ОСОБЕННОСТИ КИНЕТИКИ МОДЕЛЬНОЙ РЕАКЦИИ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЕГО С АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТОЙ В ПОЛЕ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Богатов Н.А.[1, 2], Савина А.С.[2]

[1)] МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация
[2)] РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Российская Федерация
E-mail: nikitabogatov@list.ru

THE KINETICS OF THE MODEL REACTION OF METHYLENE BLUE WITH ASCORBIC ACID IN THE FIELD OF LOW-FREQUENCY EFFECTS

Bogatov N.A.[1, 2], Savina A.S.[2]

[1)] Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation
[2)] Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation

The presented work is part of a study of the effect of low-frequency acoustic effects on redox chemical reactions. As a result of the study, the effect of inhibiting the reaction of dye methylene blue with ascorbic acid in the field of low-frequency effects was discovered.

Предметом исследования настоящей работы является модельная реакция деколоризации метиленового синего аскорбиновой кислотой в поле низкочастотных акустических воздействий. Известно [1-3], что в поле инфразвуковых воздействий происходит ингибирование реакции между метиленовым синим и аскорбиновой кислотой. Скорости реакции обесцвечивания тиазинового красителя восстанавливается при прекращении энергетического воздействия на исследуемый раствор. При проведении экспериментов использовали метод абсорбционной спектроскопии с применением спектрофотометра ПЭ-5400В (Россия, Санкт-Петербург).

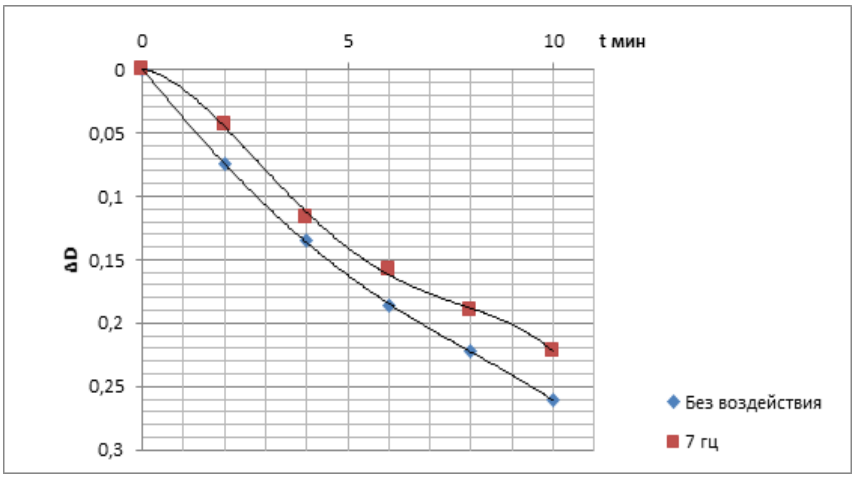


Рис. 1. Кинетические кривые деколоризации метиленового синего аскорбиновой кислотой в поле низкочастотных колебаний с частотой 7 гц и без внешнего воздействия.

В результате экспериментов определены особенности кинетики превращения мономерной формы метиленового синего в модельной реакции с аскорбиновой кислотой при низкочастотном воздействии.

Основные результаты:

1) Определено значение энергии активации реакции обесцвечивания метиленового синего аскорбиновой кислотой для мономерной формы тиазинового красителя

2) Рассчитаны константы скорости сонохимического процесса для различных частот при различных pH.

3) Установлено, что кинетические кривые при низкочастотном воздействии значительно отличаются от кинетической кривой реакции в отсутствии внешнего воздействия.

4) Обнаружено отличие кинетических кривых при диффузионном и инфразвуковом воздействиях. Это свидетельствует о различном влиянии схожих по принципу воздействия технологических процессов.

1. Фадеев Г.Н., Болдырев В.С., Богатов Н.А., Николаев А.Л. Ингибирование окислительно-восстановительной реакции в поле низкочастотных воздействий // Доклады академии наук. – 2019. - том 487, № 3. - С. 45–48

2. Фадеев Г.Н., Болдырев В.С., Богатов Н.А., Николаев А.Л. Особенности окислительно-востановительного процесса в поле низкочастотного воздействия // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные Науки – 2020. - №1. - С.80-90

3. Богатов Н.А. Деколоризация метиленового голубого аскорбиновой кислотой при внешнем воздействии // Тезисы докладов Пятой Международной научной конференции Физика. Технологии. Инновации. ФТИ-2018. – Екатеринбург: УрФУ. 2018. - С.88-89

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ГАЛЛИЯ И ГЕРМАНИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Бородина Е.К.[1], Денисов Е.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: yul96duz@mail.ru

THE STUDY OF GALLIUM AND GERMANIUM BEHAVIOR IN AQUEOUS SOLUTIONS

Borodina E.K.[1], Denisov E.I.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The interphase distribution of Ga and Ge was studied. Methodology was developed for studying the processes of interfacial distribution, including the sorption of Ga and Ge using a Thermoxide inorganic sorbent.

Генератор $^{68}Ge/^{68}Ga$, является перспективным инструментом для проведения ПЭТ диагностики в медицинской практике.

Целью данной работы является изучение межфазного распределения галлия и германия. В отсутствии радиоактивных индикаторов была создана методика исследования процессов межфазного распределения, в том числе и сорбции Ga и Ge с применением неорганического сорбента марки «Термоксид». Проводили измерения твердой фазы рентгено-флюоресцентным методом с использованием энергодисперсионного спектрометра QUANT'X. Также анализировали жидкую фазу соосаждением галлия и германия с помощью таннина и 8-оксихинолина. В качестве носителя использовали железо, так как этот элемент количественно осаждается обоими осадителями и обладает коллекторными свойствами по отношению к Ga и Ge. Были построены градуировочные зависимости с помощью программы WinTrace для измерения Ga, Ge, Fe, Zn и Ni в образцах после соосаждения для учета взаимного влияния всех компонентов в пробе. В дальнейшем, с помощью этих методик предполагается исследовать процессы переработки галлий-никелевых мишеней для выделения германия.

Для этого было изучено поведение галлия и германия в сильнокислых хлоридных и нитратных растворах, обнаружено отсутствие сорбции стеклом и образования коллоидов во всех растворах. В сильнокислых хлоридных растворах при повышенных температурах обнаружено улетучивание германия. Исследовали поведение Ga и Ge в процессе сорбции на гидроксиде титана с нейтральной области pH (от 2 до 8). Установлено, что образование коллоидов и зависимости степени сорбции галлия от pH имеют одинаковый вид, кривая с резким подъемом и максимумом. Для германия наблюдается независимость доли коллоидов (от 0 до 5 %) и степени сорбции (значение аналогичное галлию 80%) во всем исследованном диапазоне pH. Исследована лабильность и инертность Ga и Ge в хлоридных

растворах при различных фиксированных значениях pH. Сделан вывод о том, что сорбент марки «Термоксид» в диапазоне pH от 3,5 до 5,5 обладает одинаковой высокой специфичностью к исследуемым элементам, разделение которых возможно только в слабокислой среде pH = 1.

ABOUT THE POSSIBILITY OF CREATING A HIGH-PERFORMANCE SENSOR BASED ON BORON NITRIDE NANOTUBES

Boroznina N.P.[1], Zaporotskova I.V.[1], Boroznin S.V.[1], Vdovin M.A.[1]

[1)] Volgograd State University

We have investigated the possibility of boundary modification of boronitride nanotubes with a functional amine group (-NH_2) to establish the possibility of creating a highly sensitive sensor exhibiting sorption and sensory activity with respect to alkali metal atoms.

Previous studies have shown that all boron nitride nanotube, regardless of their chirality and conductivity type, belong to semiconductors [1, 2], and the possibility of surface modification of the boronitride nanotubes by a carboxyl group (-COOH) at an optimal distance of 1.57 Å [3-5] has been established. Sorption and sensory activity of the resulting complex with respect to alkali metal atoms was also established.

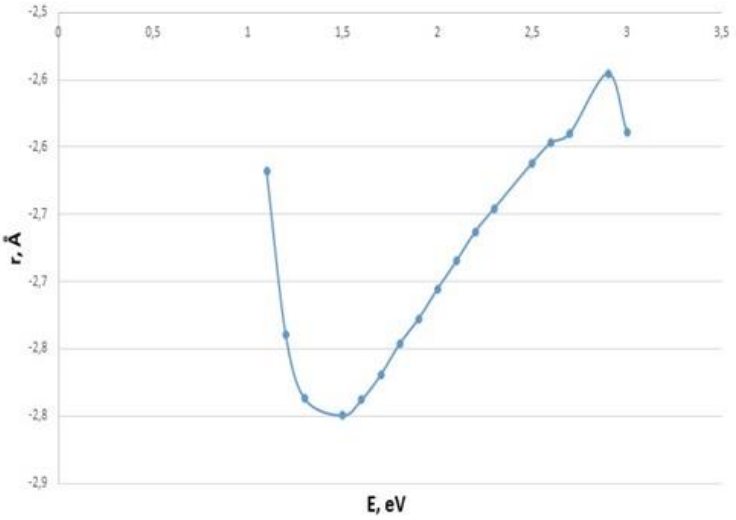


Fig. 1. Surface profile of potential energy of interaction of boron nitride nanotubes and functional amine group.

The study was conducted by a nonempirical calculation method using the Gaussian program. The attachment process was modeled by step-by-step approximation of the nitrogen atom of the amine group along the perpendicular conducted to the edge carbon and nitrogen atoms of the boron nitride nanotube. On the basis of the studies carried out, profiles of potential energy of interaction of boron nitride tube with nitrogen atom of functional group were built, analysis of system geometry found that functional group

is attached to nanotube at an angle of 178 degrees, interaction distance was 1.5 Å, interaction energy was - 2.89 eV. Electron density is transferred from amine group nitrogen atom to nanotubes carbon atom.

Thus, analysis of the results led to the creation of a stable “BNT-amine group” complex, which can exhibit sorption and sensory activity with respect to alkali metal atoms.

The reported research was funded by Russian Foundation for Basic Research and the government of Volgograd region, grant № 18-42-343009 r_a, by Russian President's grant №798.2019.1 and by Russian President's grant № MK-1758.2020.8.

1. Zaporotskova I.V. Volgograd: iad VolSU, 438 (2014).
2. Bochkov I.A., Dýachkov E.P., Dýachkov P.N. Journal of Inorganic Chemistry (2014).
3. Polikarpova (Boroznina) N.P., Boroznin S.V., Zaporotskova I.V., Polikarpov D.I., Vil’keeva D. E., Shkodin A.V. IVC-19/ICN+T 2013 and partner conferences. (2013).
4. Polikarpova (Boroznina) N.P., Zaporotskova I.V., Vi’lkeeva D.E., Shkodin A.V., Polikarpov D.I. Materials of XIX International Symposium "Dynamic and Technological Problems of Structural Mechanics and Continuous Media" (2013)
5. Polikarpova (Boroznina) N.P., Zaporotskova I.V., Vi’lkeeva D.E., Shkodin A.V., Polikarpov D.I. Nanoscience & nanotechnology 2013. 14th International Workshop on Nanotechnology. (2013).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗНАЧЕНИЯ PH ОСАЖДЕНИЯ НА СВОЙСТВА ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ОКСИДОМ ИТТРИЯ

Буйначев С.В. [1], Машковцев М.А.[1], Алешин Д.К.[1], Жиренкина Н.В.[1], Гордеев Е.В.[1], Бакшеев Е.О.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, физико-технологический, кафедра РМиН
E-mail: iammaggot55@yandex.ru

STUDY OF THE EFFECT OF VALUE PH DEPOSITION ON THE PROPERTIES OF ZIRCONIUM DIOXIDE STABILIZED BY YTTRIUM OXIDE

Buinachev S.V.[1], Mashkovcev M.A.[1], Aleshin D.K.[1], Zhirenkina N.V.[1], Gordeev E.V. [1], Baksheev E.O.[1]

[1)] Ural Federal University, Physics and Technology, Department of RMiN

The work is aimed at studying the influence of the pH value of precipitation of hydrated zirconia with the addition of yttrium as a stabilizing component. It was shown that the deposition pH affects the morphology and particle size distribution of the obtained oxides.

Твердые растворы на основе диоксида циркония с добавкой оксида иттрия имеют ряд положительных качеств, обуславливающих их широкое применение в различных отраслях промышленности. На их основе создают техническую керамику для различных применений, используют для создания термобарьерных покрытий и твердотельных топливных элементов и т.д. Однако, для различных применений, свойства исходных материалов различаются, так, при формировании термобарьерных покрытий к порошкам на основе диоксида циркония предъявляют следующие требования: форма частиц близкая к сфероидальной, узкое распределение частиц по размерам, высокая насыпная плотность и текучесть. В приведенной работе изучено влияние значения pH осаждения на свойства конечного твердого раствора на основе диоксида циркония с добавлением оксида иттрия.

Для проведения осаждения готовили азотнокислый раствор, содержащий катионы циркония и иттрия, при этом концентрация раствора по оксидам металлов была равна 100 г/л, а содержание оксида иттрия равнялось 7 массовым процента. Процесс проводили в 3-х литровом реакторе методом контролируемого двухструйного осаждения при постоянных значениях pH=5 и pH=8 (далее образцы 7YZr-pH5 и 7YZr-pH8 соответственно), в качестве осадителя выступал 10% раствор аммиака. Получившуюся суспензию фильтровали на вакуумном фильтре, после сушили в сушильном шкафу при 120 ^{o}C в течение 12 часов, затем прокаливали в муфельной печи при 1000 ^{o}C в течение 2 часов. Свойства образцов исследовали при помощи оптического микроскопа и лазерного анализатора частиц.

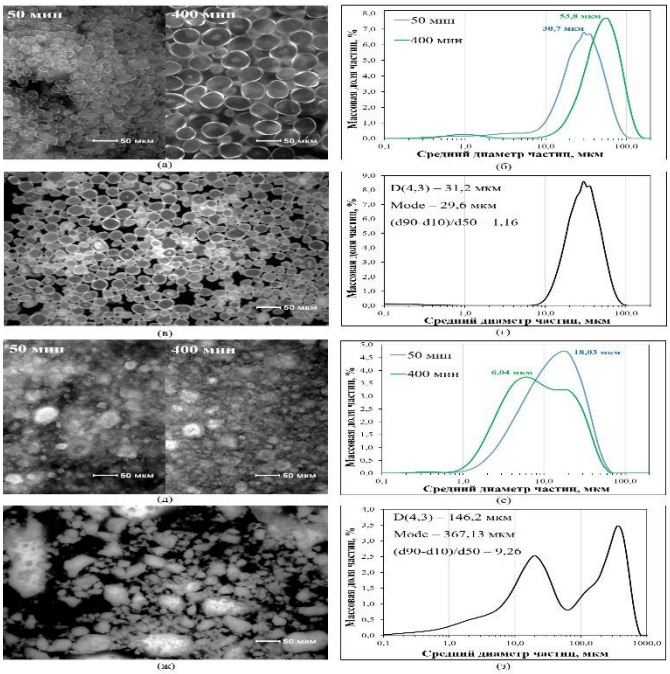


Рис. 1. Оптические изображения и распределения частиц по размерам в ходе осаждения (а, б) и после прокаливания (в, г) для образца 7YZr-pH5; Оптические изображения и распределения частиц по размерам в ходе осаждения (д, е) и после прокаливания (ж, з) для образца 7YZr-pH8

На рисунке 1 представлены оптические изображения частиц и распределение частиц по размерам в течение осаждения и после прокаливания при 1000 ^{o}C для образцов 7YZr-pH5 и 7YZr-pH8. Показано, что для образца 7YZr-pH5 в ходе осаждения размер частиц увеличивается с 30,7 мкм до 53,8 мкм (рисунок 1(б)), это также подтверждается оптическими изображениями (рисунок 1(а)). Также показано, что форма частиц преимущественно сфероидальная или эллипсоидная. После прокаливания форма частиц существенно не изменяется, средний размер частиц находится на уровне 30 мкм, при этом частицы характеризуются узким распределением по размерам (рисунок 1(в,г)). Помимо этого, для образца характерна высокая текучесть, на уровне 30 секунд и высокая текучесть – 3,3 г/см^3. Для образца 7YZr-pH8 характерно снижение среднего размера частиц на всем протяжении осаждения, при этом дисперсия размеров увеличивается (рисунок 1(е)). По оптическим изображениям видно, что частицы представляют собой агломераты околосферической формы небольших размеров или крупные агломераты неправильной формы (рисунок 1(д)). После прокаливания частицы представляют собой агрегаты различных размеров с неправильной осколочной формой (рисунок 1(ж)). На рисунке 1(з) видно, что частицы образца претерпевают два уровня агрегации с характерными пиками в области 22 мкм и 390 мкм. Образец 7YZr-pH8 не обладает текучестью и имеет низкую насыпную плотность - <1 г/см^3.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ РЗМ В ПРОЦЕССЕ ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ОЯТ

Бурдина А.А.[1], Данилов Д.А.[1], Шишкин В.Ю.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

[2)] Институт высокотемпературной электрохимии уральского отделения РАН

E-mail: Annaburdina89@gmail.com

DETERMINATION OF THE DEGREE OF REDUCTION OF REE OXIDES IN PYROMETALLURGICAL PROCESSING OF SNF

Burdina A.A.[1], Danilov D.A.[1], Shishkin V.Yu.[2]

[1)] Ural Federal University

[2)] Institute of High Temperature Electrochemistry

Possibility of assessing the degree of recovery of REE during pyrometallurgical processing of spent fuel was investigated. Carrier gas hot extraction and ICP AES were applied. The Monte Carlo method estimates the contribution of the error of each method to the result.

Оксид урана UO_2 является основным соединением в ОЯТ и составляет около 90 – 95%. Также ОЯТ содержит около 5 % оксидов РЗЭ и благородных металлов, которые являются осколками деления. На сегодняшний день большая часть отходов атомной промышленности направляется на хранение или захоронение, и лишь около 10% на переработку, что является экономически не выгодным, поскольку отходы содержат в себе большое количество ценных элементов. Кроме того, в процессе гидрометаллургической переработки образуется большое количество жидких радиоактивных растворов не подлежащих дальнейшей переработке.

Одним из способов устранения этих недостатков является применение пирометаллургических методов переработки ОЯТ [1]. В процессе перерабоки ОЯТ для отделения урана от продуков деления проводят электрохимическое восстановление UO_2 в расплаве LiCl, при этом оксиды РЗЭ восстанавливаться не должны. Степень восстановления оксидов РЗЭ – важный технологический параметр, который необходимо контролировать, включающий в себя несколько составляющих, каждая из которых вносит погрешность, приводящую к искажению конечного результата. И поскольку необходимо отделять ценные компоненты и радиоактивные изотопы, используемые, например, в медицине и геологии, представляет интерес точности, с которой рассчитывается степень восстановления оксидов РЗЭ.

Для исследования была изготовлена таблетка ОЯТ, состоящая из 95% мелкодисперсного порошка UO2, 4% порошка оксидов РЗЭ (La_2O_3, CeO_2 и Nd_2O_3) и 1% металлического Pd. Полученная таблетка подвергались электролизу в расплаве хлорида лития LiCl с примесью Li_2O при температуре 650oC, затем была

подвержена вакуумному обжигу при температуре 850oC. Таким образом, диоксид урана должен полностью восстановиться до металлического урана, и содержание кислорода в таблетке будет обусловлено оксидами РЗЭ.

Содержание кислорода в исследуемых таблетках определялось методом восстановительного плавления на газоанализаторе кислорода, азота и водорода МЕТАВАК. В данном методе образец помещается в предварительно дегазированный графитовый тигель, нагревается до 2200oC. Кислород образца образует CO, который выносится из печи экстракции в детектор инертным газом. В измерительном блоке находится ИК ячейка.

Расчет степени восстановления оксидов РЗМ производился по следующей формуле: $\beta = 1-((\omega(O)$метабак $- \omega(O)Li_2O$ ICP AES $- \omega(O)UO_2$ ICP AES$)/\omega(O)Ln_2O_3)$.

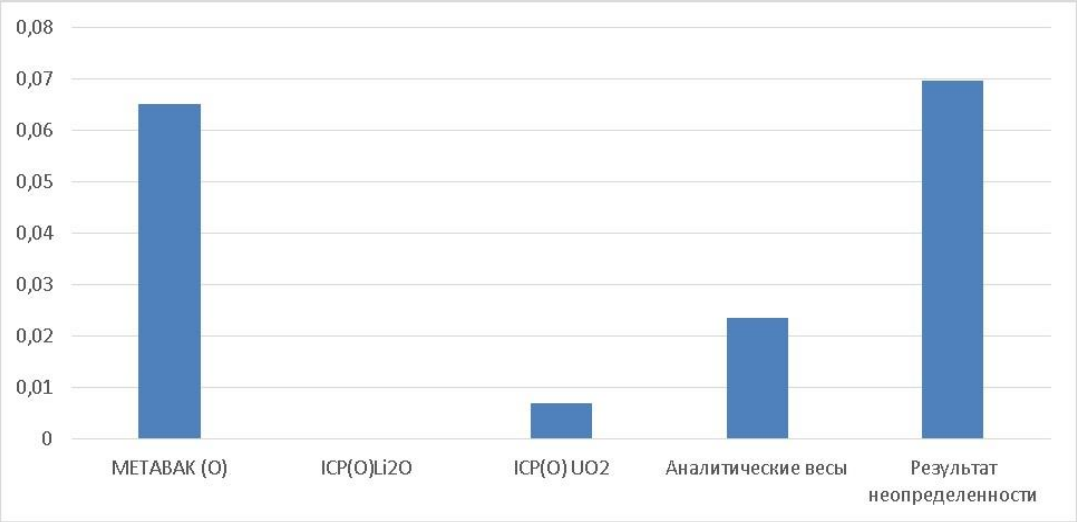


Рис. 1. Неопределенности, вносимые разными факторами

Для расчетов общей погрешности и ее источников был применен метод Монте-Карло. Установлено, что основной вклад в погрешность измерения вносит система определения газообразующих примесей МЕТАВАК. Таким образом, представляет интерес уменьшить воздействие данного фактора на общую погрешность.

1. Eun-Young Choi, Jong-Kook Kim, Hun-Suk Im, In-Kyu Choi, Sang-Ho N, Jae Won Lee, Sang Mun Jeong, Jin-Mok Hur, Nucl. Mater, V.437 , P. 178–187, (2013)

ОСАЖДЕНИЕ ФОСФАТОВ СТРОНЦИЯ В РАСПЛАВАХ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ ХЛОРИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Бызова Е.Д.[1], Иванов А.Б.[1], Волкович В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: 898266653461@mail.ru

STRONTIUM PHOSPHATES PRECIPITATION FROM ALKALI CHLORIDE BASED MELTS

Byzova E.D.[1], Ivanov A.B.[1], Volkovich V.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Precipitation of strontium phosphates from NaCl–KCl–$SrCl_2$ and NaCl–KCl–CsCl–$SrCl_2$ melts was investigated with sodium orthophosphate at 750 and 550 ºC respectively. The experiments were carried out in an inert atmosphere. X-ray powder diffraction analysis was employed for identifying the compounds

В данной работе проведено исследование взаимодействия хлорида стронция с трёхзамещённым ортофосфатом натрия в расплавах на основе на основе эквимольной смеси NaCl–KCl в при температуре 750 ºС и эвтектической смеси NaCl–KCl–CsCl при температуре 550 ºС в инертной атмосфере без перемешивания рабочего расплава.

Рассмотрено влияние исходного мольного отношения фосфат-иона к стронцию, содержащемуся в расплаве в виде хлорида, на степень осаждения фосфата стронция, а также на фазовый состав и размер частиц образующихся фосфатов. Мольное отношение (МО) PO_4^{3-} : Sr^{2+} соответствовало следующим значениям: 0,5; 1; 2; 4; 6; 8.

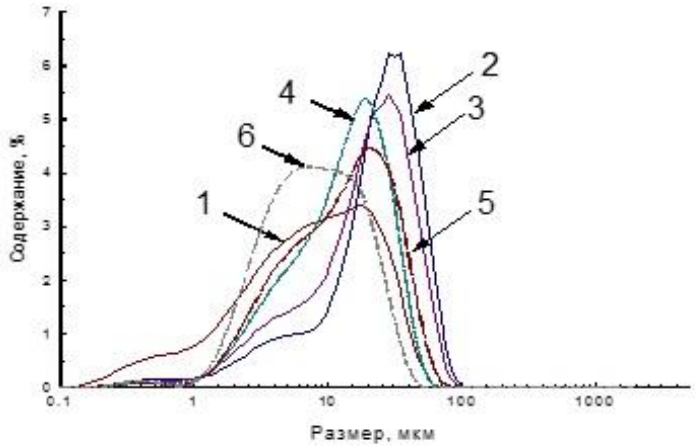


Рис. 1. Распределение частиц фосфатов стронция по размеру в зависимости от мольного отношения PO_4^{3-} : Sr^{2+} в расплавах на основе NaCl–KCl. МО: 1 – 0,5; 2 – 1: 3 – 2; 4 – 4; 5 – 6; 6 – 8.

Определение размера частиц получаемых фосфатов стронция прооведено с помощью лазерного гранулометрического анализатора ANALYSETTE 22 NanoTec plus с использованием приставки Wet Dispersion Unit. Измерения проводили с использованием ультразвуковой обработки образцов.

Пример влияния мольного отношения (осадитель : Sr^{2+}) на распределение частиц по размерам приведён на рисунке 1.

Идентификацию образовавшихся фосфатов РЗЭ проводили методом рентгенофазового анализа на дифрактометре X'Pert PRO (CuKα излучение с β-фильтром (Ni) на вторичном пучке). Расшифровку дифрактограмм осуществляли с использованием программы полнопрофильного анализа Ритвельда и картотеки PDF-2.

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ Fe^{2+}/Fe^{3+} В ХРОМШПИНЕЛИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЗОНДОВОГО МИКРОАНАЛИЗА ПО КОЭФФИЦИЕНТАМ ПОГЛОЩЕНИЯ L_a-ЛИНИИ Fe

Даниленко И. А. [1, 2], Замятин Д.А.[1, 2], Чащухин И.С.[2], Вотяков С.Л.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

[2)] Институт геологии и геохимии им А.Н.Заварицкого УрО РАН, г. Екатеринбург, РФ

E-mail: ira.dnl2014@gmail.com

EVALUATION OF Fe^{2+}/Fe^{3+} IONS IN CHROMSPINEL BY ELECTRON PROBE MICROANALYSIS USING ABSORPTION COEFFICIENTS OF Fe L_a LINE

Danilenko I. A.[1, 2], Zamyatin D.A[1, 2], Chashchukhin I.S.[2], Votyakov S.L.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

[2)] Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch, Russian Academy of Science, Yekaterinburg, Russia

In this paper, the concentrations of iron ions of Fe^{2+}, Fe^{3+} are evaluated in chromshpinel using absorption coefficients of FeLα line by electron probe microanalysis. The results of Fe^{2+}/Fe^{3+} are compared with data of Mossbauer spectroscopy.

Оценка отношения Fe^{2+}/Fe^{3+} в минералах с использованиям электронно-зондового микроанализа (ЭЗМА), обычно, основана на эффекте самопоглощения рентгеновских эмиссионных $FeL_{\alpha,\beta}$-линий [1]. В работе [2] были рассмотрены различные подходы к анализу и обработке экспериментальных данных, в частности, для хромшпинелей, было показано, что на корректность оценки значения Fe^{2+}/Fe^{3+} в минералах сложного состава значительное влияние оказывают матричные эффекты – состав минерала, его флуоресценция и самопоглощение эмиссионных линий. Анализ влияния этих факторов на форму $FeL_{\alpha,\beta}$-линий требует широкого набора эталонов различных минеральных фаз и получения

соответствующих градировок; только на их основе возможна количественная оценка отношения Fe^{2+}/Fe^{3+}. Более универсальный подход, основанный на аддитивности вкладов различных атомов в коэффициент поглощения и заключающийся в определении содержания разно-валентных состояний по коэффициентам поглощения L_α – линии атома краем его L_{III}-линии, предложен в работе [3].

Цель настоящей работы – реализация данного подхода для определения содержания Fe^{3+}, Fe^{2+} и его апробация для хромшпинели сложного переменного состава из уральских ультрамафитовых массивов [4].

Анализ общего содержания Fe проводился по K_α-линии (микроанализатор Cameca SX100; кристалл-анализатор LiF; U=15кВ, I=20нА); регистрация спектров осуществлялась с использованием кристалл-анализатора TAP (U=5, 10 и 15кВ, I=100нА); образцы сравнения – гематит и металлическое железо. По данным месбауэровской спектроскопии значение $Fe^{3+}/Fe_{общ}$ в пробах хромшпинелей составляет 8-32 %.

В основе методики лежит аддитивность вклада атомов Fe^{2+} и Fe^{3+} в коэффициент поглощения Fe и корреляционная зависимость коэффициента поглощения Fe с относительной интенсивностью FeLα при двух ускоряющих напряжениях, которая строится с использованием ZAF-коррекции матричных эффектов. Определение содержания Fe^{2+}/Fe^{3+} производится путем определения коэффициентов поглощения L_α–линии атома Fe его L_{III} – краем [3] с использованием этой зависимости, которая практически не зависит от химического состава минерала и определяется коэффициентами поглощения. Преимущество метода заключается в учете матричных эффектов поглощения, отсутствии необходимости регистрации всего спектра и использования наборов стандартов, близких к исследуемому минералу. Для применения метода необходимо определение химического состава минерала, измерение интенсивности в максимуме FeL_α и в положении, свободном от поглощения его L_{III}-краем при двух ускоряющих напряжениях.

В настоящей работе использована методика авторов [3] для определения Fe^{2+}/Fe^{3+} в серии хромитов. Результаты ее применения сопоставлены с ранее полученными данными другими методами – по анализу формы линии $FeL_{\alpha\beta}$, стехиометрии состава и мессбауэровской спектроскопии [2].

Работа выполнена в ЦКП УрО РАН «Геоаналитик» в рамках темы № АААА-А19-119071090011-6 государственного задания ИГГ УрО РАН.

2. Albee A.L., Chodos A.A. American Mineralogist. V. 55, № ¾, P. 103-107 (1970)
3. Даниленко И. А., Замятин Д. А., Чащухин И. С., Вотяков С.Л., Ежегодник -2018, Тр. ИГГ УрО РАН, 166, 179-188 (2019)
4. Куликова И.М., Баринский Р.Л., ЗВМО №2, С.115-119
5. Чащухин И.С., Вотяков С.Л., Щапова Ю.В. Кристаллохимия хромшпинели и окситермобарометрия ультрамафитов складчатых областей. Монография. Екатеринбург. (2007)

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕРОДНОЙ ВУАЛИ И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ КОЖИ

Данилова Е.И.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет
[2)] Уральский государственный экономический университет
E-mail: elizaveta.danilova.1996@mail.ru

ELECTROCHEMICAL STUDY OF THE CARBON FIBER VEIL AND ITS APPLICATION FOR EVALUATION OF SKIN ANTIOXIDANT ACTIVITY

Danilova E.I.[1, 2]
[1)] Ural Federal University
[2)] Ural State University of Economics

The article considers the need of determination AOA in a non-invasive method. The skin can carry the necessary data of AOA. The advantages of electrochem. methods for determining the AOA of skin and the possibility of creating a disposable, flexible electrode from carbon fiber materials are discussed

В последние десятилетия огромный интерес вызывают устройства для мониторинга состояния здоровья, физической активности и важных параметров функционирования организма человека. Растущий интерес к простым одноразовым сенсорам связан с возрастающей потребностью в индивидуальном контроле состояния здоровья людей и требует применения в изготовлении таких сенсоров дешевых комплектующих материалов, например, электропроводящих волоконных материалов.

Кожа – это чрезвычайно важный орган человека. Она является естественным барьером между внешней и внутренней средой. Кожа отражает внутреннее состояние органов человека и может служить индикатором состояния его здоровья [1].

Мониторинг АОА кожи является важной задачей. При решении этой задачи могут быть получены новые знании о старения кожи, взаимосвязи АОА кожи с различными заболеваниями человека, что важно для медицинской диагностики. Физиологические значения АОА поверхности кожи человека до сих пор не установлены. Определение АОА кожи в режимах in situ и in site может упростить и удешевить диагностику многих заболеваний, связанных с содержанием АО в организме человека.

Существует много аналитических инвазивных методов определения АО в биологических жидкостях: хроматографические, спектрометрические, хемилюминесцентные и многие другие. Электрохимические методы привлекли к себе внимание благодаря своим преимуществам, таким как высокая чувствительность, быстрота реакции, простота в эксплуатации и возможность неинвазивного

определения АОА [2]. Для реализации электрохимических методов необходимы специальные электроды/сенсоры. Поскольку в медицинских целях требуется производить экспрессную и надежную диагностику больших потоков населения, важно создание, в первую очередь, неивазивных сенсоров, которые дадут быструю информацию о содержании АО. Анализ литературных источников показал, что в настоящее время сенсоры на основе гибких электропроводящих материалов для определения АОА поверхности кожи человека отсутствуют.

В настоящей работе впервые предложено использовать доступный, недорогой, инертный, гибкий углеволоконный материал (углеродная вуаль) в качестве основы потенциометрического сенсора для определения АОА кожи. Электродная система, включающая сенсор на основе углеродной вуали и электрод сравнения, была успешно апробирована на модельных растворах антиоксидантов и кожи человека. Получены удовлетворительные аналитические характеристики определения АОА (воспроизводимость, правильность).

1. Кожа: НеБолеем Медицина и здоровье – Режим доступа: https://www.neboleem.net/kozha.php

2. Маркина М.Г. ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИЙ И КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИЙ СЕНСОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ И ТИОЛОВ КОЖИ ЧЕЛОВЕКА: дис. на соиск. учен. степ. канд. хим. наук. – Екатеринбург, 2017. – 152 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНТРОЛИРУЕМОГО ДВУХСТРУЙНОГО ОСАЖДЕНИЯ ГИДРАТИРОВАННОГО ОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Данкова А.К.[1], Машковцев М.А. [1], Прибытов М.Д.[1], Буйначев С.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: dankova-ann@mail.ru

INVESTIGATION OF THE CONTROLLED TWO-JET PRECIPITATION PROCESS OF HYDRATED ZIRCONIA

Dankova A.K.[1], Mashkovtsev M.A. [1], Pribytov M.D.[1], Buinachev S.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The controlled two-jet precipitation process of hydrated zirconia was studied. Particle size experimental information were analyzed using population balance. It was found that hydrated zirconia synthesized at pH = 3 and pH 5 has two populations, and at pH = 8 it has only one population.

На сегодняшний день материалы на основе стабилизированного диоксида циркония широко применяются во многих отраслях промышленности, в том числе для создания технической керамики, для формирования керамических термобарьерных покрытий, в производстве твердотельных топливных элементов, кислородных сенсоров [1] и т.д. Известно, что условия осаждения оказывают сильное влияние на свойства получаемого порошка. Для аморфных систем теория популяционного баланса и способы регулирования дисперсности и крупности частиц в широком диапазоне размеров сегодня не разработаны в достаточной степени. Промышленность нуждается в порошках гидроксидов с регулируемой крупностью и пористостью, поэтому очень важно исследовать возможность управления процессом осаждения и агрегирования зародышей. Целью работы является исследование процесса контролируемого двухструйного осаждения гидратированного оксида циркония при условии различных постоянных значений pH процесса.

В качестве прокуроров использовали водные растворы $ZrO(NO_3)_2$ и NH_4OH (10 масс.%). Осаждение вели путем одновременного дозирования растворов в общий объем реактора при постоянном значении pH на уровне 3; 5 и 8 единиц. В течение осаждения проводили отбор проб на 10, 30, 50, 100, 200, 300 и 400 минутах от начала осаждения, размер частиц осадка измеряли с помощью метода лазерной дифракции.

Обнаружено, что pH процесса контролируемого двухструйного осаждения оказывает существенное влияние на эволюцию частиц осадка гидратированного оксида циркония. Так в процессе осаждения при pH=5 присутствуют две популяции: частицы в первой популяции имеют размеры порядка 0,18–0,25 мкм, их количество меняется от 4,66E+11 до 4,16E+13, во второй в процессе осаждения

размер частиц увеличивается от 8,14 до 19,91 мкм, а их количество находится на уровне 3,92E+09–8,88E+09. Принимая во внимание, что частицы не претерпевают существенного изменения в процессе сушки, сделан вывод о протекании процесса агрегации. В процессе осаждения при pH=3 также присутствуют две популяции, но с широким разбросом по размерам, первый пик в процессе осаждения сдвигается в область более мелких размеров с 0,61 мкм до 0,15 мкм, второй практически не изменяется, и частицы имеют размеры порядка 0,75–0,61 мкм. Количество частиц имеет сложную зависимость и в процессе осаждения растет: в первой популяции с 3,28E+12 до 1,21E+14, во второй популяции с 1,82E+10 до 3,04E+13. Частички нестойкие, поэтому можно сделать вывод о том, что в процессе осаждения проходят процессы флокуляции. В процессе осаждения при pH=8 агрегация не происходит, поскольку присутствует одна популяция, имеющая самый крупный размер среди частиц первичных популяций при pH=3 и pH=5, в процессе осаждения размер изменяется в узком диапазоне от 1,36 мкм до 1,50 мкм. Количество частиц увеличивалось в процессе осаждения с 1,82E+10 до 5,19E+12.

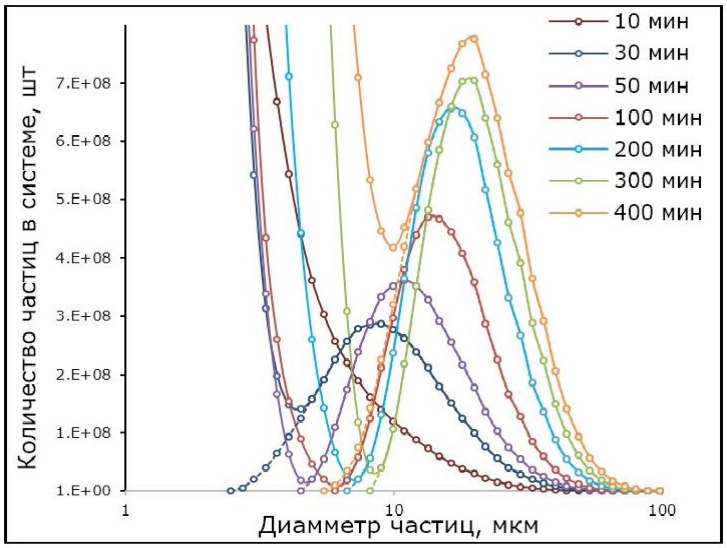


Рис. 1. Распределение частиц вторичной агрегации по размеру осадка гидратированного оксида циркония, осажденного при постоянном значении pH=5

Головин Ю.И. Керамические материалы на основе диоксида циркония. Москва(2018) – 358 с.

ЗАВИСИМОСТЬ СТРУКТУРЫ ПОРОШКОВ ОКСИДА ТИТАНА Ti_2O_3 ОТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РАЗМОЛА

Валеева А.А.[1, 2], Дорошева И.Б.[1, 2, 3], Рempель А.А.[1, 2, 3]

[1)] Институт химии твердого тела УрО РАН, Екатеринбург
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург
E-mail: i.b.dorosheva@urfu.ru

DEPENDENCE OF THE TITANIUM OXIDE Ti_2O_3 POWDERS STRUCTURE ON THE DURATION OF MECHANICAL HIGH-ENERGY MILL

Valeeva A.A. [1, 2], Dorosheva I.B.[1, 2, 3], Rempel A.A. [1, 2, 3]

[1)] Institute of Solid State Chemistry, Ural Branch of the RAS, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[3)] Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The titanium oxide Ti_2O_3 microcrystals were synthesized by using solid state sintering from a mixture of Ti and TiO_2. The analysis of X-ray diffraction patterns shows that the Ti_2O_3 crystal structure with corundum structure (sp. gr. R c) remains trigonal.

Диоксид титана (TiO_2) является перспективным функциональным материалом для широкого круга использования, в таких как фотокатализаторы [1], запоминающие устройства [2], конденсаторы, системы накопления энергии [3]. Однако основным недостатком TiO_2 является широкая запрещенная зона ($E_g \approx 3.0$-3.2 эВ) [4]. Регулирование концентрации кислорода в диоксиде является эффективной стратегией преодоления этих недостатков для улучшения его электронных свойств. В связи с этим оксид титана Ti_2O_3 привлекает значительное внимание ученых в последние годы [5]. В данной работе мы демонстрируем синтез наночастиц Ti_2O_3 с помощью высокоэнергетического размола из микрокристаллического состояния.

Исходные микрокристаллы оксида титана Ti_2O_3 со средним размером около 25 мкм были синтезированы с помощью твердофазного спекания из смеси порошков титана Ti и диоксида титана TiO_2 в вакууме 10-3 Па при 1770 К. Образцы наноразмерного оксида титана (Ti_2O_3) с разным размером частиц получены с помощью высокоэнергетического размола микрокристаллов в планетарной шаровой мельнице Retsch PM 200. Для минимизации загрязнения образцов во время размола в качестве материала размольных стаканов и мелющих шаров был выбран диоксид циркония ZrO_2, стабилизированный оксидом иттрия Y_2O_3. Для эффективного получения наименьшего размера наночастиц выбрано высокое массовое соотношение измельчающих шаров и порошка Ti_2O_3, а именно 10 : 1.

Изопропиловый спирт был использован в качестве размольной жидкости; скорость вращения опорного диска составляла 500 оборотов в минуту при продолжительности фрагментации 15-480 мин.

Рентгенофазовый анализ исходных поликристаллов и размолотых нанокристаллов Ti_2O_3 выполнялись при $CuK_{\alpha 1,2}$ излучении на автодифрактометре Shimadzu XRD-7000. Рентгенограммы снимались в режиме пошагового сканирования с $\Delta(2\theta) = 0.02°$ в интервале углов 2θ от 10° до 140° с высокой статистикой. Диаметр нанокристаллов ОКР (размер областей когерентного рассеяния) был определен по уширению дифракционных отражений рентгеновских лучей с помощью метода Вильямсона-Холла.

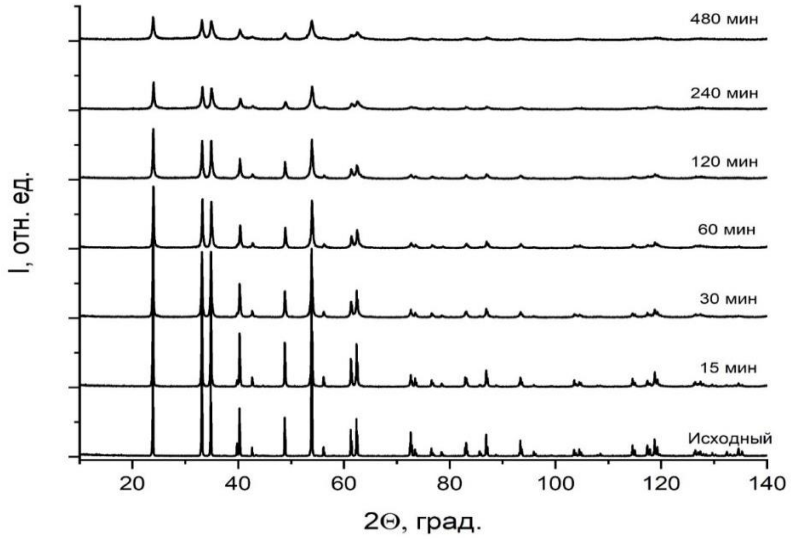


Рис. 1. Рентгенограммы исходного и подвергнутых размолу порошков в течение 15-480 минут

Интенсивность пиков рентгенограмм всех образцов снижается с увеличением продолжительности размола, что подтверждает образование нанофазы и увеличение ее объемного содержания. Выполненные расчеты показывают уменьшение ОКР от 25 мкм до 10 нм с увеличением времени размола от 15 до 480 минут, при этом увеличивается объемная доля нанофазы порошка оксида титана Ti_2O_3 от 2 до 63%, а также увеличение микродеформаций в размолотом порошке.

Работа выполнена по Государственному заданию ИХТТ УрО РАН (№ 0397-2019-0001).

1. Valeeva, A.A., Dorosheva, I.B., et. al., Journal of Alloys and Compounds, 796, 293-299 (2019).

2. Vokhmintsev, A.S., Weinstein, I.A., et. al., Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, 78(9), 932-935 (2014).

3. Y. Pan, M.Wen, International Journal of Hydrogen Energy, 43 (49), 22055-22063 (2018).

4. Dorosheva, I.B., Valeeva, A.A., et. al., AIP Conference Proceedings, 1886, 020006 (2017).
5. Park, A.R., Son, D.Y. et al., ACS Appl. Mater. Interfaces 7, 18483-18490 (2015).

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОГО МОЛЕКУЛЯРНО-АБСОРБЦИОННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЙОДА

Ельцов Д.А.[1], Зайцева П.В.[1, 2], Пупышев А.А.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: dimaelcov2013@gmail.com

THEORETICAL STUDY OF THE POSSIBILITY OF ELECTROTHERMAL MOLECULAR ABSORPTION DETERMINATION OF IODINE

Eltsov D.A.[1], Zaitceva P.V.[1, 2], Pupyshev A.A.[1, 2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metallurgy UB RAS, Yekaterinburg, Russia

Thermochemical processes of gaseous molecules SrI and BaI formation, which are used in the electrothermal molecular absorption determination of iodine, were studied using the method of thermodynamic simulation.

В последние годы опубликованы работы по электротермическому молекулярно-абсорбционному определению йода с использованием газообразных молекул BaI, SrI, CaI и InI. Однако некоторые полученные экспериментальные данные неоднозначны, а механизм образования газообразных молекул, содержащих йод, в графитовой печи по-прежнему не изучен.

Для решения этой задачи использовали разработанный ранее алгоритм термодинамического моделирования, который успешно был применен к изучению механизмов образования двухатомных молекул фтора и хлора. С использование программного комплекса HSC 6.1 рассчитаны равновесные составы термодинамических систем на стадиях пиролиза и испарения, а затем построены теоретические кривые пиролиза и испарения. В качестве молекулообразующих химических агентов изучены соли бария и стронция, Рассмотрены различные формы введения йода и молекулообразующего агента в графитовую печь. Условия моделирования соответствовали экспериментальным данным [1, 2].

При определении йода по поглощению молекул SrI расчеты показали, что уже при начальных температурах стадии пиролиза как в зоне поверхности пробы, так и в зоне контакта пробы с углеродом атомизатора йод присутствует в виде конденсированного $SrI_{2\,c}$. Заметные газообразные потери на этой стадии возможны в

зоне поверхности пробы выше 600 °C в виде газообразного I^g, а в зоне контакта пробы с углеродом атомизатора в выше 750 °C в виде SrI_2^g и SrI^g. Рассчитанные температуры стадий пиролиза (600 °C) и испарения (2130 °C) соответствуют экспериментальным (700 °C и 2100 °C, соответственно). Молекулы SrI^g, согласно рассчитанному равновесному составу, на стадии испарения в газовой фазе графитовой печи образуются за счет реакции: $SrI_2^g = SrI^g + I^g$.

При определении йода по поглощению молекул BaI прогнозируются аналогичные процессы, что и для SrI. Согласно расчетам, на стадии пиролиза в зоне поверхности пробы заметные потери йода в газовую фазу возможны выше 550 °C в виде I^g, а в зоне контакта пробы с углеродом атомизатора – выше 850 °C в виде BaI_2^g и BaI^g. Согласно рассчитанному равновесному составу на стадии испарения в газовой фазе графитовой печи молекулы BaI^g образуются за счет реакции $BaI_2^g = BaI^g + I^g$.

Результаты моделирования полезны для выбора условий молекулярно-абсорбционного определения йода: выбор молекулообразующего агента, температурно-временной программы, химического модификатора и т.д.

1. 1. M. Schneider, B. Welz, M.-D. Huang, H. Becker-Ross, M. Okruss, E. Carasek, Spectrochimica Acta. Part B, 153, 42–49 (2019).

2. 2. M.D. Huang, H. Becker-Ross, S. Florek, M. Okruss, B. Welz, S. Morés, Spectrochimica Acta. Part B, 64, 697–701 (2009).

СОРБЦИЯ УРАНА ИЗ СУЛЬФАТНО-ХЛОРИДНЫХ РАСТВОРОВ ВИНИЛПИРИДИНОВЫМ АНИОНИТОМ

Филатенкова А.П.[1], Титова С.М.[1], Новиков И.В.[1], Скрипченко С.Ю.[1], Свирский И.А.[1], Ёлтышев В. Е.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: alyonchik-fil1998@mail.ru

URANIUM SORPTION BY VINYLPYRIDINE ANION-EXCHANGER FROM SULPHATE-CHLORIDE SOLUTIONS

Filatenkova A.P.[1], Titova S.M.[1], Novikov I.V.[1], Skripchenko S.Yu.[1], Svirsky I.A.[1], Yoltyshev V.E.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The sorption of uranium and chloride-ions from technological sulphate-chloride in-situ leaching solutions by vinylpyridine anion-exchanger VPAE was investigated. Values of dynamic exchange capacity at full resin saturation were 23,86 kg U m-3 and 20,47 kg Cl m-3.

В настоящее время растущие потребности в уране обусловливают необходимость расширения минерально-сырьевой базы металла и ввода в эксплуатацию новых месторождений. Основным методом добычи урана является скважинное подземное выщелачивание (СПВ). Все месторождения различаются между собой составом рудоносного горизонта, который определяет состав продуктивных растворов (ПР) и, как следствие, способы их дальнейшей переработки.

Некоторые урановые месторождения характеризуются повышенной минерализацией, и при их отработке методом сернокислотного СПВ в продуктивных растворах будет присутствовать высокое содержание хлорид-ионов – до 0,25 М. Ранее было установлено, что эффективное извлечение урана из сульфатно-хлоридных ПР возможно методом ионного обмена с применением винилпиридинового анионита VPAE [1]. Ранее сорбцию вели из модельных растворов, содержащих 30 мг/дм^3 U, 5 г/дм^3 H_2SO_4, 0,25 М Cl^- - ионов. Значение полной динамической обменной емкости (ПДОЕ) ионита по урану составило 40,53 кг/м^3. Значение ПДОЕ ионита по хлорид-ионам также велико – 35,38 кг/м^3.

В данной работе определяли ПДОЕ анионита VPAE по урану, хлору и основным примесным элементам, входящих в состав ПР СПВ. Сорбцию вели

из технологических ПР, доукрепленных хлоридом натрия до необходимой концентрации хлорид-ионов. Состав исходного раствора: 969,67 мг/дм^3 Al; 1,41 мг/дм^3 Ti; 0,81 мг/дм^3 Mo; 908,79 мг/дм^3 Fe; 0,71 мг/дм^3 Th; 14,34 мг/дм^3 ΣРЗЭ; 17,34 мг/дм^3 – U; 5000 мг/дм^3 H_2SO_4; 0,25 М Cl^-ионов. Сорбцию вели в динамическом режиме при соотношении твердой и жидкой фаз 1:5. Значения ПДОЕ составили, кг/м^3 анионита: 7,97 – Al; 0,01 – Ti; 23,67 – Fe; 0,02 – Mo; 0,43 – Th; 1,45 – ΣРЗЭ; 23,86 – U; 20,47 – Cl. Полученные значения ПДОЕ по урану и хлорид-

ионам при сорбции из технологических ПР ниже, чем при сорбции из модельных ПР. Это можно объяснить, во-первых, снижением исходной концентрации урана, а во-вторых, солевым фоном, в частности, высоким содержанием железа, которое сорбируется ионитом вместе с ураном.

Таким образом, применение винилпиридинового анионита VPAE возможно для эффективного извлечения урана из технологических сульфатно-хлоридных продуктивных растворов скважинного подземного выщелачивания, однако, емкостные характеристики сорбента снижаются вследствие высокого солевого фона раствора.

1. Titova S., Skripchenko S. et al., Indones. J. Chem.,19, 1, (231 – 238), 2019

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ И СВОЙСТВА СПЛАВОВ Al-Zr

Филатов А.А.[1, 2], Суздальцев А.В.[2], Зайков Ю.П.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: fill.romantic@yandex.ru

ELECTROCHEMICAL SYNTHESIS AND PROPERTIES OF Al-Zr ALLOYS

Filatov A.A.[1, 2], Suzdaltsev A.V.[2], Zaikov Y.P.[1, 2]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of High-Temperature Electrochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

The paper describes the basics of a new method for producing Al-Zr alloys from oxides during electrolysis of KF-NaF-AlF_3 melts. The technological parameters of the synthesis of Al-Zr alloys with a given zirconium content are determined.

Сплавы и лигатуры Al-Zr широко применяются для производства функциональных сплавов в авиастроении, ракетостроении, судостроении, энергетике и других отраслях [1, 2]. Высокий спрос на такие сплавы обусловлен тем, что уже незначительные добавки циркония (0.05-0.2 мас. %) существенно улучшают их эксплуатационные характеристики, такие как прочность, пластичность и коррозионная стойкость, не снижая электропроводности. Цель данной работы заключается в исследовании структуры и свойств электролитически получаемых сплавов и лигатур Al-Zr.

Установлено что основная часть циркония в лигатуре представлена в виде интерметаллидных соединений с содержанием циркония 52-53 мас. %, что

соответствует соединению состава Al_3Zr. С увеличением содержания циркония в сплаве, микротвёрдость в участках свободных от интерметаллидных соединений (ИМС) возрастает с 15 HV до 35 HV по Виккерсу, в то время как микротвёрдость самих ИМС может достигать 100 HV. Методом снятия поляризационных кривых было установлено, что равновесные потенциалы всех сплавов с содержанием от 0 до 10 мас. % Zr в 3% растворе NaCl относительно хлорид-серебряного электрода сравнения находятся в диапазоне от -0.75 до -0.80 В. Также установлено, что коррозионный процесс протекает с кислородной деполяризацией. Таким образом, сплав Al-Zr-0,4 полученный электролизом расплава $KF–NaF–AlF_3–ZrO_2$, обладает повышенной твёрдостью и коррозионной стойкостью в сравнении с чистым алюминием.

1. Каблов Е.Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // Авиационные материалы и технологии. 2015. Т. 34 (1). С. 3–33.

2. Скачков В.М., Яценко С.П. Получение Sc–, Zr–, Hf–, Y–лигатур на основе алюминия методом высокотемпературных обменных реакций в расплавах солей // Цветные металлы. 2014. № 3. С. 22–26.

РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВЫСОКОНАГРЕТОГО (400-800°С) ВОЗДУХА В РЕАКЦИОННОЙ КАМЕРЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Филиппов П. С.[1], Рыжков А. Ф.[1]

[1)] Уральский федеральный университет
E-mail: fps_proxi@mail.ru

CALCULATION OF THE ACCURACY OF MEASURING THE TEMPERATURE OF HIGH-HEATED (400-800°C) AIR IN THE REACTION CHAMBER OF THE EXPERIMENTAL SETUP

Filippov P. S.[1], Ryzhkov A. F. [1]
[1)] Ural Federal University

A calculation of the effect of the reaction chamber of the experimental setup wall temperature on the thermocouple readings and on its absolute ±Δt and relative ± δ measurement accuracy in measuring the temperature of high-heated (400-800°C) air

Достоверность экспериментальных данных при исследовании процесса диффузионного горения газового топлива (предварительно не перемешанной топливовоздушной смеси) в значительной степени зависит от корректного измерения температуры воздуха в моменты воспламенения и погасания факела.

В работе проведена расчетная оценка влияния температуры стенки t_{CT} реакционной камеры экспериментальной установки, оснащенной теплоизоляцией и электрической терморубашкой, обеспечивающей охранный нагрев, на показания

термопары $t_{ТП}$ и на её абсолютную $\pm\Delta t_{ТП}$ и относительную $\pm\delta$ погрешности при измерении температуры высоконагретого (400-800°С) воздуха $t_В$.

Существует три предельных режима работы электрической терморубашки:

температура $t_{СТ}$ находится на уровне температуры $t_В$ (т.е. $t_{СТ}/t_В \approx 1$);

температура $t_{СТ}$ превышает температуру $t_В$ (т.е. $t_{СТ}/t_В > 1$);

температура $t_{СТ}$ меньше температуры $t_В$ (т.е. $t_{СТ}/t_В < 1$).

В случае $t_{СТ}/t_В \approx 1$ показания термопары $t_{ТП}$ соответствует $t_{СТ}$ и $t_В$.

В случае $t_{СТ}/t_В > 1$ спай термопары будет перегреваться по сравнению с воздухом за счет лучистого потока стенок реакционной камеры, что будет завышать показания термопары на величину $+\Delta t_{ТП}$.

В случае $t_{СТ}/t_В < 1$ спай термопары начнет переизлучать теплоту, полученную от горячего воздуха за счет конвективного теплообмена, стенке реакционной камеры, что будет занижать показания термопары на величину $-\Delta t_{ТП}$.

В работе рассмотрены два случая измерения температуры высоконагретого воздуха:

термопарой без защитного экрана;

термопарой с защитным экраном.

На рис. 1 представлены результаты расчетной оценки влияния $t_{СТ}$ и $t_В$ на $\pm\Delta t_{ТП}$ и $\pm\delta$ термопары без защитного экрана и с защитным экраном:

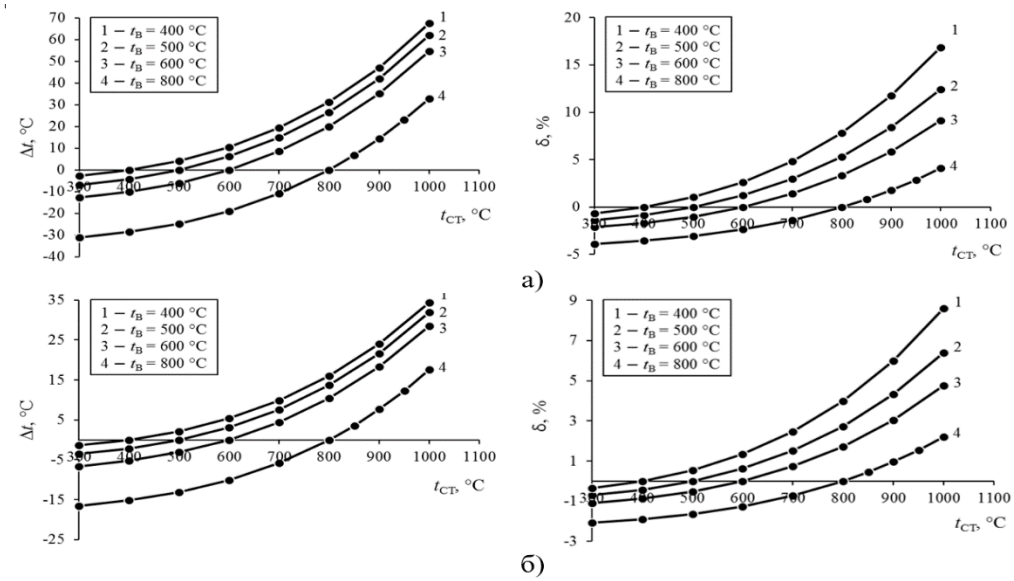


Рис. 1. Влияние температур стенки и воздуха на относительную и абсолютную погрешности термопар без защитного экрана (а) и с защитным экраном (б)

Погрешности термопары без защитного экрана во всем диапазоне рабочих температур составляют $\Delta t_{ТП}$=-33,33÷67,48°С, δ=-4,17÷16,87%.

Погрешности термопары с защитным экраном во всем диапазоне рабочих температур составляют $\Delta t_{ТП}$=-17,70÷34,44°С, δ=-2,12÷8,61%.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-00479 мол_а

ВЛИЯНИЕ БЕЛКОВ МОЛОКА НА АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА КОФЕ

Колбацкая С.А.[1], Газизуллина Е.Р.[1], Герасимова Е.Л.[1], Иванова А.В.[1]

[1)] ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
E-mail: gazizyllina.er@gmail.com

INFLUENCE OF MILK PROTEINS ON ANTIOXIDANT PROPERTIES OF COFFEE

Kolbatskaya S.[1], Gazizullina E.[1], Gerasimova E.[1], Ivanova A.[1]
[1)] Yeltsin UrFU

The work studied the effect of milk proteins on antioxidant properties of coffee extracts polyphenols. It was found that antioxidant properties sharply decrease with increasing milk content which indicates the polyphenols binding with proteins polar groups and a decrease of its reducing properties.

Известно, что кофе содержит большое количество полифенолов, в частности, галловую, эллаговую, хлорогеновую, кофейную кислоты и др. [1], которые в организме человека могут взаимодействовать с активными кислородными метаболитами, предотвращая их окислительное действие на биомолекулы. В разных странах кофе принято пить с молоком, так как такое сочетание влияет на вкусовые свойства напитка. Однако из литературы известно, что пищевые белки, связывая полифенолы, переводят их в неактивные формы, снижая пищевую эффективность продукта [2]. Основной задачей данной работы является изучение влияния молочных белков на антиоксидантные свойства экстрактов кофе.

Исследованы модельные смеси белков (казеин, альбумин) с рядом антиоксидантов полифенольной природы (галловая кислота, кофейная кислота). Показано уменьшение антиоксидантной емкости полифенолов в присутствие белков.

В качестве объектов были выбраны натуральный жареный, растворимый и смешанный (растворимый с добавлением натурального жареного) кофе популярных торговых марок. Экстракты кофе готовили согласно ГОСТ для каждого типа кофе [3]. Для оценки связывания полифенолов кофе с белками, экстракты кофе смешивали с молоком 3.2 % жирности в соотношении 1:9, 3:7, 1:1. Определение антиоксидантной емкости (АОЕ) проводили потенциометрическим методом с использованием системы $K_3[Fe(CN)_6]/K_4[Fe(CN)_6]$ [4] в фосфатном буферном растворе pH 7.4. Установлено, что при увеличении содержания молока в смеси, АОЕ достоверно уменьшалась. Полученные значения АОЕ смесей примерно в 3 – 7 раз меньше АОЕ экстрактов кофе, не содержащих молока.

Таким образом, в данной работе исследованы антиоксидантные свойства экстрактов кофе разных типов и их изменение в присутствии молока. Выявлено, что

частичное связывание фенольных остатков с полярными группами молочного белка приводит к снижению величины антиоксидантной емкости, что уменьшает эффективность используемого продукта с точки зрения антиоксидантного действия.

1. Sridhar K., Charles A.L., Food Chemistry, 275 (2019)
2. Komes D., Bušic A., Vojvodic A., Belšcˇak-Cvitanovic A., Hruškar M. Eur. Food. Res. Technol. 241 (2015).
3. ГОСТ Р 54037-2010 Продукты пищевые. Определение содержания водорастворимых антиоксидантов амперометрическим методом в овощах, фруктах, продуктах их переработки, алкогольных и безалкогольных напитках
4. Ivanova A. V., Gerasimova E.L. et al., Crit. rev.in analytical chemistry, 45, 4 (2015)

ПОЛИКОНДЕНСАЦИОННЫЕ ДЕПРЕССОРНЫЕ ПРИСАДКИ ДЛЯ НЕФТЯНЫХ ПРОДУКТОВ

Глазунов А.М.[1], Мозырев А.Г.[1], Землянский Е.О.[1]

[1)] ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия
E-mail: glazunovam@tyuiu.ru

POLYCONDENSATION DEPRESSOR ADDTIVES FOR OIL PRODUCTS

Glazunov A.M.[1], Mozyrev A.G.[1], Zemljanskij E.O.[1]
[1)] Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Polycondensation ester depressant additives are known which are obtained by condensation of pol-yhydric alcohols, synthetic fatty acids and dicarboxylic acids. The effectiveness of such additives is limited to oils and petroleum products containing high melting solid hydrocarbons.

Известны поликонденсационные сложноэфирные депрессорные присадки, получаемые конденсацией многоатомных спиртов, синтетических жирных кислот и дикарбоновых кислот. В качестве многоатомных спиртов используются пентаэритрит, глицерин, триэтаноламин и др. Синтетическими жирными кислотами являются различные фракции кислот от С10-16 до С21-25. В качестве дикарбоновых кислот предложены фталевый и малеиновый ангидриды, янтарная кислота и др. Эффективность таких присадок ограничивается нефтями и нефтепродуктами, содержащими высокоплавкие твердые углеводороды. В дизельных топливах такие присадки не эффективны. Поэтому представляло интерес синтезировать конденсационные сложноэфирные депрессорные присадки при другом сочетании исходных продуктов, используя для этого в качестве основы продукт, являющийся производным многоатомной кислоты - пиромеллитовый диангидрид.

Депрессорные присадки по такой схеме синтезировали в две стадии: на первой стадии получали неполные эфиры ПДА и ВЖС, на второй стадии эти эфиры доэтерифицировали ЭГ. Депрессорные присадки синтезировали конденсацией ВЖС фракции С10 – С20 и ПДА с последующим введением ЭГ в структуру присадок.

Депрессорные присадки синтезировали в две стадии конденсацией ВЖС фракции С10 – С20 и ПДА с последующим введением ЭГ в структуру присадок.

Температура синтеза выбиралась из соображений реакционной способности исходных реагентов, известной из литературы [14], опыта синтеза сложноэфирных депрессорных присадок на основе пентаэритрита.

Для выяснения оптимальной продолжительности синтеза присадок на первой стадии при температуре 198 ºС были проведены кинетические исследования реакции конденсации ВЖС и ПДА при трех мольных соотношениях исходных реагентов соответственно 1,75:1,0; 2,0:1,0 и 2,8:1,0.

Депрессорные свойства присадок оценивали при их введении в компонент дизельного топлива Сургутского ЗСК с температурой помутнения +4 ºС, температура застывания минус 16 ºС. Низкотемпературные свойства ДТ оценивали по двум показателям – температуре застывания tз и температуре помутнения tп.

Присадки считались тем более эффективными, чем выше депрессия температуры застывания нефтепродукта в их присутствии и чем меньше их расход для достижения оптимальной tз.

С учетом простоты технологии, безотходности производства и достаточно высокой эффективности синтезированные в работе депрессорные присадки могут быть рекомендованы для снижения температуры застывания дизельных топлив.

1. Агаев С.Г. Сложноэфирные депрессорные присадки для дизельных топлив / С.Г. Агаев, А.М. Глазунов // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2001. – № 10. – С. 32 – 36.

2. Глазунов А.М. Разработка поликонденсационных депрессорных присадок для дизельных топлив: дис. канд. техн. наук. – Тюмень, 2004. – 213 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА КОРРОЗИИ КОМПОНЕНТОВ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДАМИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ МАСС-СПЕКТРОСКОПИИ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Филатов Е.С.[1], Гордеева Ю.Ф.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: julia100990@inbox.ru

STUDIES OF THE CORROSION MECHANISM OF COMPONENTS OF STRUCTURAL MATERIALS BY DIFFERENTIAL SCANNING MASS-SPECTROSCOPY AND THERMODYNAMIC MODELING

Filatov E.S.[1], Gordeeva J.F.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia, Yekaterinburg, Russia

Thermodynamic calculations of the interaction of a number of chloride salt systems with oxygen and water vapor ($AlCl_3$, $ZrCl_4$, $AlCl_3$-KCl, $KAlCl_4$), depending on temperature, were performed. The calculations were performed using the HSC Chemistry 6.11 software package.

Произведены термодинамические расчеты взаимодействия ряда хлоридных солевых систем с кислородом и парами воды ($AlCl_3$, $ZrCl_4$, $AlCl_3$-KCl, $KAlCl_4$), в зависимости от температуры. Расчеты выполнены с использованием пакета программ HSC Chemistry 6.11.

Экспериментальными физико-химическими методами (ИК-спектроскопией, дифференциально-сканирующей калориметрией, ДСК, термогравиметрией, ТГ) определены (идентифицированы) коррозионноактивные примеси, вызывающие повышенную коррозию материалов, в исходных реагентах хлоридов калия, алюминия и синтезированного из них хлоралюмината.

Выполнены химико-аналитические исследования состава хлоралюмината, находившегося длительное время в контакте с материалом оборудования, взятого из различных мест технологической схемы.

Методом микрорентгеноспектрального анализа исследован химический состав в ряде точек металлографического шлифа поврежденного участка материала оборудования.

Таким образом, термодинамические расчеты показывают, что присутствие кислорода и влаги недопустимо в реакционной среде. Поэтому необходимо удалять кислород и влагу из аргона и не допускать контакта реакционной среды (газовой и жидкой, солевой фаз) с воздухом.

1. Лякишева Н.П., Диаграммы состояния двойных металлических систем, изд. «Машиностроение», г. Москва, (1997).

2. Ивановский Л.Е., В.А.Хохлов, Г.Ф.Казанцев, Физическая химия и электрохимия хлоралюминатных расплавов, изд., «Наука», г. Москва, 1993.

CARBON DIOXIDE SORPTION ACTIVITY STUDY OF CARBOXYLATED CARBON NANOTUBES

Boroznina N.P.[1], Zaporotskova I.V.[1], Boroznin S.V.[1], Grechko A.A.[1], Zaporotskov P.A.[1]

[1)] Volgograd State University
E-mail: n.z.1103@mail.ru

This paper presents the investigation of the interaction between carboxyl group-modified carbon nanotube and a carbon dioxide molecule. The studies were carried out using a non-empirical calculation method of DFT.

One of the current problems of technology development is the problem of energy saving and energy efficiency of new industries and used equipment [1]. As a rule, high-tech equipment consumes a large amount of electricity, which leads to various resource costs. Therefore, it is necessary to find new solutions and create new inexpensive universal sensor devices, the energy efficiency of which will be ensured by the use of fundamentally new materials, including as sensor sensors. As such highly efficient materials it is proposed to use a unique material of nanotechnologies - carbon nanotubes (NT), having the highest sorption capacity. They can be used to provide environmental monitoring, to control water and air pollution, to identify sources of industrial emissions and others [2, 3]. At present, these tasks in all fields use rather complex energy-intensive equipment (various gas analyzers, spectral devices, etc.).

Previous studies have found that SWNTs, including those modified with various elements, can be sensitive to certain gases [4,5].

This paper studies the interaction between the carboxyl group-modified carbon nanotube and carbon dioxide molecule. The interaction was modeled using step-by-step approximation of the CO_2 molecule. At the same time, two versions of orientation of carbon dioxide molecule relative to the system of SWNT-carboxyl group were investigated: 1 - oxygen atom is the nearest to the nanotube surface; 2 - carbon atom is the nearest to the nanotube surface. The analysis of the results showed that for all CO_2 molecule orientation variants, physical interactions representing weak Van der Waals interaction are realized. This will make it possible to judge the possibility of creating a sensor device sensitive to the presence of carbon dioxide, and such a sensor can be reused without its destruction, which could occur in case of chemical interaction of the CO_2 molecule.

Researches are executed with financial support of a grant of the Russian President №798.2019.1.

1. Buzea C., Pacheco I., Robbie K. Biointerphases. MR17 (2007).

2. Jariwala D., Sangwan V.K., Lauhon L.J., Marks T.J., Hersam M.C. Chem. Soc. Rev. 2824 (2013).
3. Krolow M.Z., Hartwig C.A., Link G.C., Raubach C.W., Pereira J.S.F., Picoloto R.S., NanoCarbon, 33 (2011).
4. Kong J., Franklin N.R., Zhou C., Chapline M.G., Peng S., Cho K., Dai H. Science. 622 (2000).
5. Huang C., Huang B., Jang Y., Tsai M., Yeh C. Diam. Relat. Mater, 872 (2005).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ГИДРОКСОНИТРАТА ИТТРИЯ-ЕВРОПИЯ НА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ОКСИДНЫХ СИСТЕМ

Гордеев Е.В.[1], Машковцев М.А.[1], Поливода Д.О.[1],
Алешин Д.К.[1], Буйначев С.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г Екатеринбург, Россия
E-mail: egorgordeev1998@mail.ru

STUDY OF EFFECT OF HYDROTHERMAL TREATMENT OF YTTRIUM-EUROPIUM HYDROXONITRATE ON THE LUMINESCENT PROPERTIES OF OXIDE SYSTEMS

Gordeev E.V.[1], Mashkovtsev M.A.[1], Polivoda D.O.[1],
Aleshin D.K.[1], Buinachev S.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russi

In this work, we studied the effect of hydrothermal treatment after a controlled two-jet deposition of yttrium-europium hydroxonitrate on value of size of coherent scattering region and the luminescence intensity of the oxide system.

Слоистые гидроксиды редкоземельных элементов (СГРЗЭ) относительно новый класс слоистых соединений. Они обладают уникальными оптическими свойствами, что делает их перспективным прекурсором для создания люминесцентных материалов. Основными способами синтеза СГРЗЭ являются контролируемое двухструйное осаждение и гидротермальный синтез. Гидротермальная обработка (ГО) способствует получению высококристалличных частиц, а с помощью контролируемого двухструйного осаждения можно получать частицы различных форм и размеров. [1,2] В данной работе было исследовано влияние гидротермальной обработки после контролируемого двухструйного осаждения на значение размера области когерентного рассеяния (ОКР) и интенсивности люминесценции оксидной системы.

Осаждение проводили одновременного дозирования раствора нитрата иттрия-европия и 10% раствора аммиака в общий реакционный объём при

постоянном перемешивании. На протяжении всего осаждения поддерживалось постоянное значение pH равное 7 и 8. Раствор нитрата иттрия-европия был приготовлен таким образом, чтобы концентрация ионов европия составляла 5% от общей концентрации ионов РЗЭ равной 0,5 моль/л. Перед осаждением в реакционный объём поместили 150 мл раствора нитрата аммония с концентрацией 1,5 моль/л. После 400 мин осаждения суспензию разделили на две части. Одну часть фильтровали, а полученный осадок промывали деионизованной водой, репульпировали в абсолютном изопропиловом спирте, сушили и прокаливали при 1000 градусов. Другую часть суспензии помещали в автоклав для гидротермальной обработки при 150 градусов в течение 24 часов. После гидротермальной обработки суспензию фильтровали, а осадок промывали деионизованной водой, репульпировали в абсолютном изопропиловом спирте, сушили и прокаливали при 1000 градусов.

Полученные оксиды исследовали методами рентгенофазового анализа и люминесцентной спектроскопии. Полученные дифрактограммы и спектры люминесценции представлены на рисунке 1, значение размера ОКР (d) было рассчитано по формуле Шеррера. Образцы были обозначены следующим образом: 5YEU-7 – осаждение при pH=7 без ГО, 5YEU-7-H – осаждение при pH=7 с ГО, 5YEU-8 – осаждение при pH=8 без ГО, 5YEU-8-H – осаждение при pH=8 с ГО.

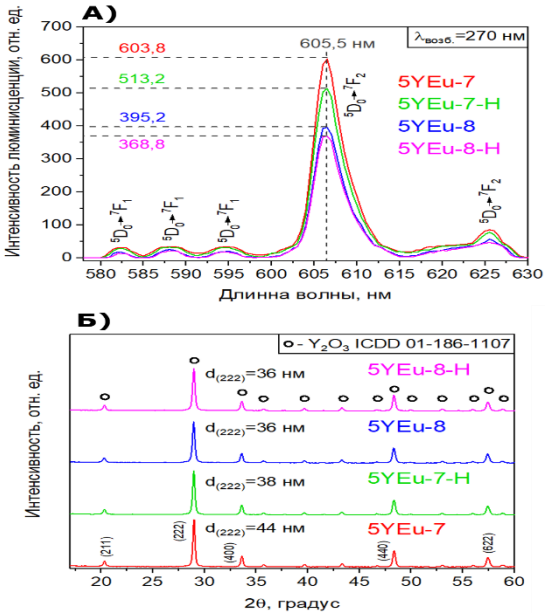


Рис. 1. А) Люминесцентные спектры полученных оксидов; Б) Дифрактограммы полученных оксидов

Из полученных данных видно, что добавление гидротермальной стадии отрицательное сказывается на люминесцентные свойства образцов. Это может быть связанно с подрастворением СГРЗЭ во время гидротермальной обработки, так как во время этой стадии возможно уменьшение pH суспензии. Дальнейшие исследования будут направлены на подбор оптимальных условий гидротермальной обработки для получения высококристалличных образцов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-00188).

1. Q. Zhu, J.-G. Li, C. Zhi, X. Li, X. Sun, Y. Sakka, D. Golberg and Y. Bando, Chem. Mater. 22, 4204–4213 (2010).

2. E.V. Gordeev, M.A. Mashkovtsev, D.K. Aleshin, S.V. Buynachev, N.V. Zhirenkina, E.O. Baksheev and D.A. Danilov, AIP Conference Proceedings 2015, 020026 (2018).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА СИНТЕЗА И ОБРАБОТКИ НА ПОВЕРХНОСТЬ OSC-МАТЕРИАЛОВ

Гурьянова А.А.[1], Пономарев А.В.[1], Жиренкина Н.В.[1], Машковцев М.А.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет имени Первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: 79506330744@yandex.ru

STUDY OF THE EFFECTS OF THE METHOD OF SYNTHESIS AND PROCESSING ON THE SURFACE OF OSC-MATERIALS

Gurianova A.A[1], Ponomarev A.V.[1], Jirenkina N.V.[1], Mashkovtsev M.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The effect of the synthesis and processing of OSC sediment materials on the surface properties is studied.

На сегодняшний день методика создания OSC-материалов предполагает смешение сухих порошков. Смешение частиц компонентов происходит на макроуровне и предполагает не равномерность их распределения по каталитическому слою. Метод создания «диффузионного барьера» предотвращающего деградацию поверхности имеет значимое развитие. В статьях [1, 2] метод создания диффузионного слоя основан на разделении частиц оксида церия-циркония частицами оксида алюминия, входящего в состав катализатора посредством совместного осаждения или смешения гидроксидов после осаждения. Цель работы – исследовать влияние метода синтеза и последующей обработки на свойства поверхности OSC.

Синтез проводили путем осаждения нитратных солей Al (3% $La(NO_3)_3$) и Ce-Zr с концентрацией 50 г/л по оксидам 10% раствором аммиака, при этом кислый раствор подавался в реакционный объём непрерывно, а аммиак дискретно, для поддержания заданного значения pH. Осаждение проводилось либо совместно, либо смешивались гидроксиды после осаждения (шифр образцов ACZ и A/CZ соответственно). Осаждение проводилось при pH=5 с доведением до pH=8 и при pH=8. После осаждения суспензию фильтровали, и подвергали репульпации в

изопропиловом спирте (IPS), сушили при 120°C и обжигали при 700°C 2 часа. Термостабильность определяли обжигом при 1100°C в течении 4 часов.

Параметры поверхности образцов исследовали с помощью анализатора сорбции газов Nova 1200e фирмы Quantachrome, методом BET.

Установлено, что образцы, репульпированные в IPS характеризуются большей площадью поверхности (рисунок 1). После обжига 1100°C преимущество так же сохраняется: деградация поверхности без репульпации в IPS - 81%, в то время как после репульпации в IPS – 72%.

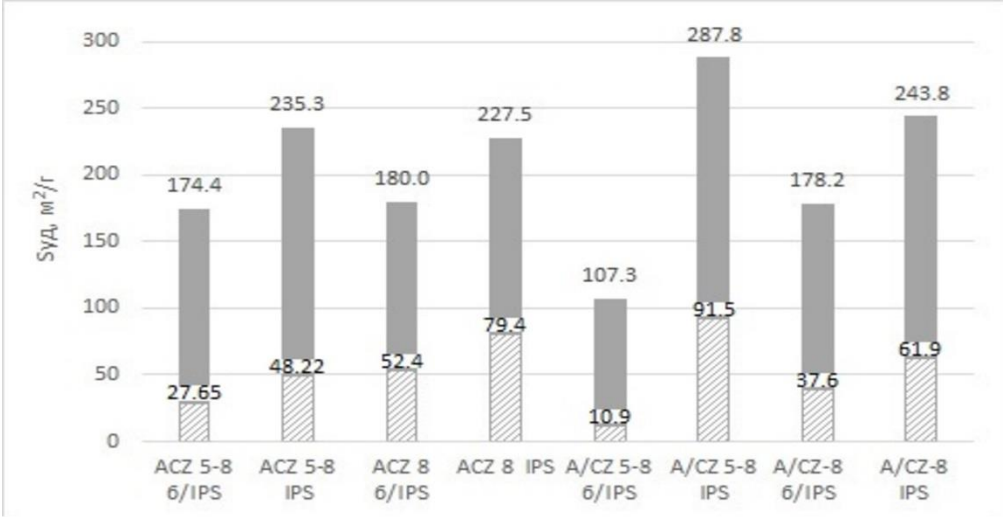


Рис. 1. Влияние параметров синтеза и обработки на термостабильность OSC-материалов (серый- значение площади поверхности после обжига при 700°C, штрих - значение площади поверхности после обжига при 1100°C)

Термостабильность образцов осаженных при pH=8 выше, чем у образцов, осажденных при pH=5 с доведением до pH=8. Среднее значение деградации поверхности у образцов, осажденных при pH=8 – 72%, при pH=5-8 – 80%.

Образцы, синтезированные раздельно менее термостабильны, чем образцы, полученные совместным осаждением. Среднее значение деградации поверхности у образцов, осажденных раздельно – 78%, совместно – 75%.

1. Li Lan, The effect of synthesis method on the properties and catalytic performance of Pd/$Ce_{0.5}Zr_{0.5}O_2$-Al_2O_3 three-way catalyst: 10-21. (2014)

2. Hangrong Chen, A novel mesostructured alumina–ceria–zirconia tri-component nanocomposite with high thermal stability and its three-way catalysis: 368-374. (2011)

МОДЕЛИРОВАНИЕ СКОРОСТЕЙ В ТЕПЛООБМЕННЫХ ТРУБКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОСИФОННОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ

Гушшамова В.Н.[1], Морданов С.В.[1], Хомяков А.П.[1], Мухновский В.А.[1]

[1)] Уральский Федеральный университет
E-mail: 89126634949@yandex.ru

SIMULATION OF VELOCITIES IN HEAT EXCHANGE TUBES USING THE THERMOSYPHON DISTRIBUTOR

Gushshamova V.N.[1], Mordanov S.V.[1], Khomyakov A.P.[1], Mukhnovskiy V.A.[1]
[1)] Ural Federal University

This paper presents the results of studies of the influence of the switchgear on the velocity distribution in the tube space of heat exchange equipment. The efficiency of the thermosiphon distributor application is shown.

Изучение влияния геометрических характеристик на гидродинамику в трубном и межтрубном пространстве теплообменного аппарата является актуальной задачей [1, 2, 3, 4]. В работе [5] приводятся результаты численного моделирования трубного пространства на основе метода распределенных параметров.

В работе приведены результаты численного моделирования (на основании стандартной k-ε модели турбулентности Лаундера и Сполдинга) распределения скорости среды в трубном пространстве теплообменника с использованием распределительного устройства (термосифонного распределителя). Моделирование осуществлялось при различных режимах эксплуатации.

На рисунке 1 показано распределение скоростей потоков в трубках при разных скоростях потока во входном патрубке.

Установлено, что при отсутствии распределительного устройства, неравномерность распределения скоростей потоков в теплообменных трубках значительно возрастает при изменяющихся скоростях во входном патрубке от 0,75 м/с до 1,25 м/с.

Установка термосифонного распределителя при всех рассмотренных скоростях во входном патрубке обеспечивает более равномерно распределение потоков в теплообменных трубках.

Для данных режимов работы была произведена оценка коэффициента теплоотдачи для каждой трубки трубного пучка. Процентные соотношения разности коэффициентов теплоотдачи для разных режимов работы аппарата без использования распределительного устройства находятся в диапазоне от 39,3% до 39,7%, тогда как с использованием термосифонного распределителя данные соотношения находятся в диапазоне от 7,7 до 12,6 %.

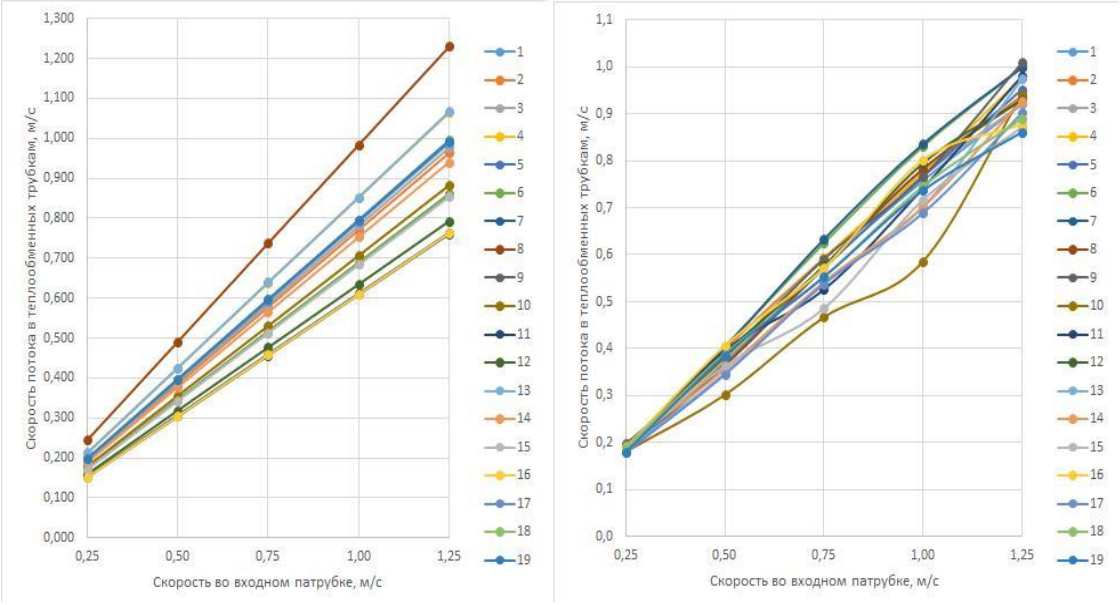


Рис. 1. Распределение скоростей потока в теплообменных трубках (м/с) с использованием распределительного устройства и без использования распределительного устройства.

Результаты исследования показывают, что применение распределительного устройства позволяет снизить неравномерность распределения скорости потока в трубном пространстве, а также повысить коэффициент теплоотдачи.

1. Gong L., Zhou S., Guo Y., Applied Thermal Engineering (2019)
2. Wanga X., Huaib T., Lic Y., Procedia Engineering, p. 1500-1506 (2017)
3. Yanga L., Songa X., Xiee Y., Procedia Engineering, p. 2176-2183 (2017)
4. Youa Y., Jianga H., Lva J., Energy Procedia, p. 5759-5764 (2019)
5. Chen J. H., Journal of Mathematical Analysis and Applications, p. 492-498 (2014)

ИЗУЧЕНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ НИТРАТА МАГНИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОМ АТОМНО-АБСОРБЦИОННОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ АЛЮМИНИЯ, СЕРЕБРА, ХРОМА, МЕДИ И ОЛОВА

Игошева В.С.[1], Васильева Н.Л.[1], Зайцева П.В.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: igosheva.v.s@ya.ru

INVESTIGATION OF EFFECT OF MAGNESIUM NITRATE FOR ELECTROTHERMAL ATOMIC ABSORPTION DETERMINATION OF ALUMINUM, SILVER, CHROMIUM, COPPER AND TIN

Igosheva V.S.[1], Vasil'eva N.L.[1], Zaitceva P.V.[1, 2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metallurgy UB RAS, Yekaterinburg, Russia

Influence of the used $Mg(NO_3)_2$ as chemical modifiers on the temperature of pyrolysis for Al, Ag, Cr, Cu, Sn determination was estimated theoretical and experimental. Theoretical results are confirmed by experimental data. The modifier mechanism of action has been determined.

Экспериментально исследовано использование нитрата магния в качестве химического модификатора при электротермическом атомно-абсорбционном определении алюминия, серебра, хрома, меди и олова. Кривые пиролиза в отсутствии и присутствии модификатора получены с помощью атомно-абсорбционного спектрометра AAnalyst 800 фирмы Perkin Elmer. В печь дозировали 20 мкл раствора аналита (Al, Ag, Cr, Cu или Sn) в отсутствии модификатора или 10 мкл раствора аналита и 10 мкл модификатора $Mg(NO_3)_2$. Количество нитрата магния и аналита, дозируемых в печь, приведены в таблице.

С целью установления механизма действия химического модификатора $Mg(NO_3)_2$ выполнено термодинамическое моделирование. Условия моделирования соответствовали экспериментальным данным. С использованием программного комплекса HSC 6.1 рассчитаны равновесные составы термодинамических систем на стадии пиролиза, а затем построены теоретические кривые пиролиза.

Полученные значения экспериментальных и теоретических температур пиролиза приведены в таблице.

Согласно сопоставлению экспериментальных и теоретических данных (таблица), добавление $Mg(NO_3)_2$ не приводит к термостабилизации серебра на стадии пиролиза и незначительно термостабилизирует медь.

Согласно расчетам, на стадии пиролиза нитрат магния разлагается до MgO^c (верхний индекс «с» – конденсированный), а взаимодействие конденсированных оксидов магния и хрома должно привести к образованию индивидуального

соединения – $MgCr_2O_4$ [с]. Это приводит к термостабилизации хрома до более высокой температуры пиролиза в присутствии модификатора. В случае алюминия механизм действия модификатора аналогичен: взаимодействие конденсированных оксидов магния и алюминия должно привести к образованию индивидуального соединения – алюмината магния $MgO*Al_2O_3$ [с].

Таблица. 1. Экспериментальные и теоретические температуры стадии пиролиза

Аналит	Масса аналита, нг	Масса магния, мкг	Температура стадии пиролиза, °С			
			без модификатора		с модификатором $Mg(NO_3)_2$	
			эксперимент	теория*	эксперимент	теория*
Al	0,3	20	1200	1100	1500	1300
Ag	0,1	2	600	700	700	700
Cr	0,1	2	1200	1200	1500	1500
Cu	0,25	20	900	900	1000	1000
Sn	1	20	700	700	1200	1100

Примечание: *теория – теоретические температуры стадии пиролиза, полученные термодинамическим моделированием.

Для олова расчет, проведенный с учетом того, что малые количества SnO_2 [с] и Sn [с] входят в состав конденсированного раствора на основе MgO [с], показал, что может достигаться термостабилизация олова до температуры 1100 °С, что соответствует экспериментальным данным.

Соответствие теоретических температур стадии пиролиза экспериментальным в отсутствии и присутствии нитрата магния свидетельствует о правильности выполненных расчетов.

ОСАЖДЕНИЕ ФОСФАТОВ БАРИЯ В РАСПЛАВАХ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ ХЛОРИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Иванов А.Б.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: chuvasch@yandex.ru

BARIUM PHOSPHATES PRECIPITATION FROM ALKALI CHLORIDE BASED MELTS

Ivanov A.B.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

Annotation. Precipitation of strontium phosphates from NaCl–KCl–$BaCl_2$ and NaCl–KCl–CsCl–$BaCl_2$ melts was investigated with sodium orthophosphate at 750 ºC and 550 ºC respectively. The experiments were carried out in an argon atmosphere. X-ray powder diffraction analysis was employed.

Исследовано взаимодействие хлорида бария с трёхзамещённым ортофосфатом натрия в расплавах на основе эквимольной смеси NaCl–KCl при температуре 750 ºC и эвтектической смеси NaCl–KCl–CsCl при температуре 550 ºC в атмосфере аргона без принудительного перемешивания рабочего расплава.

Рассмотрено влияние исходного мольного отношения фосфат-иона к барию, содержащемуся в расплаве в виде хлорида, на степень осаждения фосфата бария, а также на фазовый состав и размер частиц образующихся фосфатов. Мольное отношение (МО) PO_4^{3-} : Ba^{2+} соответствовало следующим значениям: 0,5; 1; 2; 4; 6; 8.

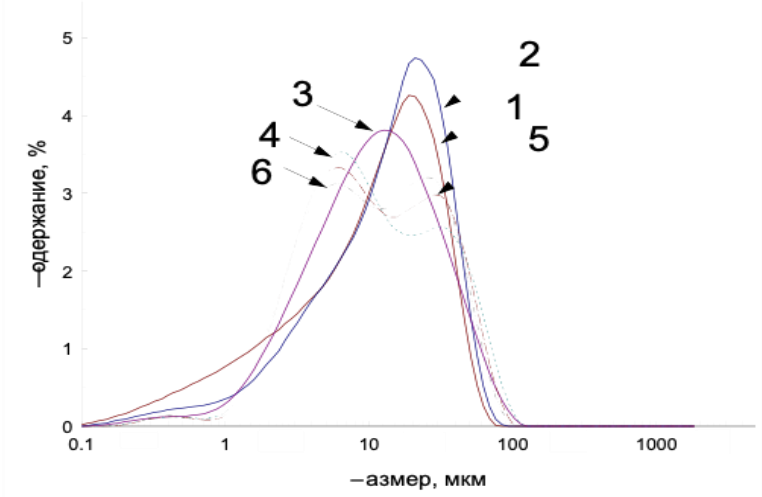


Рис. 1. Распределение частиц фосфатов стронция по размеру в зависимости от мольного отношения PO_4^{3-} : Ba^{2+} в расплавах на основе NaCl–KCl–CsCl. МО: 1 – 0,5; 2 – 1: 3 – 2; 4 – 4; 5 – 6; 6 – 8.

Гранулометрический анализ полученных фосфатов бария проведен с помощью лазерного гранулометрического анализатора ANALYSETTE 22 NanoTec plus с использованием приставки Wet Dispersion Unit. Измерения проводили с использованием ультразвуковой обработки образцов.

Пример влияния мольного отношения (осадитель : Ba^{2+}) на распределение частиц по размерам приведён на рисунке 1.

Идентификацию образовавшихся фосфатов РЗЭ проводили методом рентгенофазового анализа на дифрактометре X'Pert PRO (CuKα излучение с β-фильтром (Ni) на вторичном пучке). Расшифровку дифрактограмм осуществляли с использованием программы полнопрофильного анализа Ритвельда и картотеки PDF-2.

ВЯЗКОСТЬ РАСПЛАВОВ xLi_2O-$(100-x)B_2O_3$

Иванов А.В.[1], Хохряков А.А.[1], Самойлова М.А.[1], Рябов В.В.[1]

[1)] Институт металлургии УрО РАН, 620016 г. Екатеринбург, ул. Амундсена101
E-mail: fair_spirit@list.ru

VISCOSITY OF MELTS XLi_2O-$(100-X)B_2O_3$

Ivanov A.V.[1], Khokhryakov A.A.[1], Samoylova M.A.[1], Ryabov V.V. [1]

[1)] Institute of metallurgy, Ural branch of Russian Academy of Science, 620016 Ekaterinburg, Amundsena st. 101

The viscosity of melts was measured xLi_2O-$(100-x)B_2O_3$ by vibrational viscometer (T=900-1400K). Dependence of melt's viscosity related to its concentrations has non-linear tendency. The minimum was observed at about x=10 mol. % Li_2O.

Щелочноборатные расплавы являются основой многих электролитов, шлаков и флюсов, использующихся в технологии получения металлов, сплавов, полупроводниковых кристаллов и стекол. Разработка перспективных технологий с участием боратных расплавов требует знания их физико-химических свойств.

Влияние оксида лития на вязкость боратных расплавов изучали вибрационным методом при следующих концентрациях Li_2O (мол. % 2; 6,7; 8; 9,91; 14,6; 17,7; 20; 24,2; 30; 37,1; 43,4; 55,22). Подготовка образцов и измерения проводились по методике, аналогичной [1].

Измерению вязкости боратных расплавов посвящена работа [2]. Изменение вязкости литийборатных расплавов в зависимости от состава при T=900ºC показано на рисунке 1.

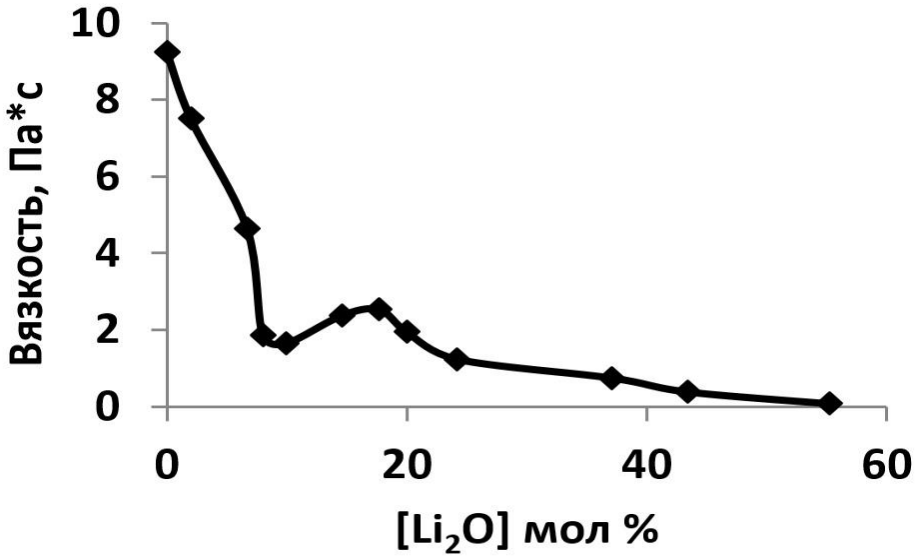


Рис. 1. Зависимость вязкости расплавов (xLi_2O)-$(100-x)B_2O_3$ от состава при T= 900ºC.

Из рисунка 1 видно, что изотерма вязкости резко снижается в области составов 0<x<10, затем они растут, формируя максимальное значение при x ~ 18 % и затем снова уменьшаются. Снижение вязкости в области x=10 мол.% объясняется структурными изменениями, а именно при низких концентрациях оксида лития (0<x<10) мостиковые связи BIII-O-BIII (III-координационное число атомов бора) заменяются на BIV-O-BIV. Происходит трансформация метаборатных единиц BO_3 в тетраэдры BO_4^-.

Зависимость вязкости литийборатных расплавов от состава и температуры будет определяться составом, строением и характером межчастичных взаимодействий в расплаве. Расплавленный B_2O_3 имеет слоистую структуру и состоит из неполярных, связанных мостиковыми связями треугольников BO_3 и бороксольных колец B_3O_6. В качестве примесей в состав расплавленного B_2O_3 входят оксигидрильные группы BO_2OH и $B_2O_3O_3/2OH$. Стоит отметить, что слоистую структуру борный ангидрид приобретает из-за плоской структуры группировок BO_3 и B_3O_6.

Работа выполнена в рамках госбюджетной тематики ИМЕТ УрО РАН.

1. Рябов В.В., Истомин С.А., Хохряков А.А., Иванов А.В., Пайвин А.С. Вязкость натриевоборатных расплавов, содержащих механоактивированные добавки оксидов РЗЭ. Расплавы, 2015. № 2. С.35-39.

2. Napolitano. A., Macedo P.B., Nawkins E.G. Viscosity and Density of Boron Trioxide. J. Amer. Ceram. Soc. 1965. V.48. №12. P. 613-616.

ИЗУЧЕНИЕ СООСАЖДЕНИЯ ГАЛЛИЯ И ГЕРМАНИЯ НА ОСАДКЕ СОСТАВА Na_3FeF_6 В ПРИСУТСТВИИ ФТОРОВОДОРОДНОЙ КИСЛОТЫ

Калинина Н.Ю.[1], Майорова А.В.[1, 2], Пупышев А.А.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: nkalinina180696@yandex.ru

THE STUDY OF COPRECIPITATION OF GALLIUM AND GERMANIUM DURING THE SEPARATION OF IRON IN THE FORM OF Na_3FeF_6 IN THE PRESENCE OF HYDROFLUORIC ACID

Kalinina N.Y.[1], Maiorova A.V.[1, 2], Pupyshev A.A. [1, 2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinbirg, Russia
[2)] Institute of Metallurgy of UB RAS, Yekaterinbirg, Russia

For the first time a new approach for solving the problem of separation of trace analytes (Ga, Ge) from matrix elements (Fe, Ni, Cr, Mo, Co and W) was suggested. It was found that gallium is on the precipitate Na_3FeF_6, and germanium is mainly in solution after the separation procedure.

На сегодняшний день металлургические материалы широко используются во многих отраслях промышленности, к химическому составу которых предъявляются повышенные требования. Во избежание брака продукции необходимо контролировать содержание микрокомпонентов. Так, микроколичества Ga, Ge, поступающие с исходным сырьем (горные породы, руды, золы и т.д.), могут ухудшать прочностные характеристики получаемой продукции. Прямое определение содержания Ga и Ge в металлургических материалах методом ИСП-АЭС затруднено из-за спектральных и неспектральных помех от присутствующих в составе макрокомпонентов Ni, Cr, Mo, Co и W. Поэтому требуется предварительное отделения матрицы от аналитов.

В данной работе проведены исследования по нахождению оптимальных условий разделения аналитов (Ga и Ge) и матрицы. В качестве коллектора использовали Fe (3+), осадителя - фторид натрия, а комплексообразующего агента (для ингибирования осаждения вольфрамовой кислоты) – фтороводородную кислоту. После процедуры осаждения Fe (3+) в виде Na_3FeF_6 при варьировании количества осадителя NaF проводили изучение процесса соосаждения аналитов. Для этого измерение концентрации Ga, Ge проводилось как в фильтрате, так и в осадке, предварительно растворенном с помощью концентрированной хлороводородной кислоты (37 % мас.).

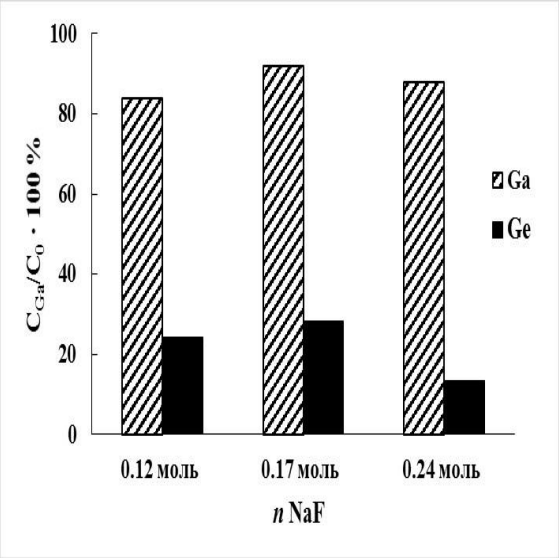


Рис. 1. Относительное содержание (% мас. от исходного) аналитов Ga и Ge после соосаждения при варьировании количества осадителя NaF. C(Fe3+) – 300 мг/дм3, T = 25°C; pH = 0.5, время выдерживания осадка при температуре 5 мин. Для растворения осадка использовали хлороводородную кислоту.

Найдено, что увеличение количества NaF от 0.12 до 0.24 моль в присутствии 0.7 ммоль HF оказывает незначительное влияние на процесс соосаждения Ga. Во всех рассматриваемых случаях наблюдалось практически полное соосаждение Ga на осадке состава Na_3FeF_6 (более 85 % мас. от исходного содержания), при этом макроколичества Ni, Cr, Mo, Co и W оставались в фильтрате. Отметим, что в указанных условиях соосаждение Ge на осадке Na_3FeF_6 было незначительным (до 20% мас. от исходного содержания) .

Целью дальнейших исследований является поиск оптимальных условий соосаждения германия на осадке состава Na_3FeF_6 и его отделения от макроколичеств Ni, Cr, Mo, Co и W.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИМЕТ УрО РАН.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ИЗОТОПНЫХ ОТНОШЕНИЙ Cu И Zn МЕТОДОМ МК ИСП-МС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМОЛЫ AG MP-1

Карпова С.В.[1, 2], Стрелецкая М.В.[2], Солошенко Н.Г.[2], Окунева Т.Г.[2]

[1)] УрФУ им. Б.Н. Ельцина, Екатеринбург
[2)] Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург
E-mail: svkarpo@mail.ru

A METHOD FOR CU AND ZN ISOTOPE RATIO DETERMINATION BY MC-ICP-MS USING AG MP-1 RESIN

Karpova S.V.[1, 2], Streletskaya M.V.[2], Soloshenko N.G.[2], Okuneva T.G.[2]
[1)] Ural Federal University named after BN Yeltsin, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Geology and Geochemistry, UB RAS, Ekaterinburg, Russia

A method for Cu and Zn isotope ratio determination in environmental samples is developed. The application of AG MP-1 resin provides high purity Cu and Zn fractions. In standard-sample bracketing performance, the method is specified by high throughput and sufficient metrological parameters.

Изотопный состав меди и цинка вызывает живой интерес исследователей в различных областях науки: геохимии и гидрологии, а также экологии при изучении источников и путей миграции загрязнений в областях рудодобычи и предприятий по производству меди и цинка. На сегодняшний день, мультиколлекторные магнитосекторные масс-спектрометры с индуктивно-связанной плазмой (МК ИСП МС) в сочетании с методом внешней стандартизации или брекетинга (SSB, standard-sample bracketing) полностью соответствуют современным требованиям прецизионности [1]. Хроматографическая подготовка должна исключать возможность фракционирования изотопов аналита между адсорбированными на смоле металлами и их водными ионами в растворе элюата, одновременно обеспечивая простоту и экспрессность самой процедуры [2].

Целью работы являлась валидация методики изотопного анализа меди и цинка в технике брекетинга методом мультиколлекторной (МК) ИСП-МС с их предварительным хроматографическим выделением.

Материалы и методы. Для проведения работ использовали помещения с классами чистоты 6, 7 ИСО Института геологии и геохимии УрО РАН. Хроматографическое выделение меди и цинка проводили на смоле AG MP-1 (Bio-Rad, США) в соответствии с [3, 4]. Измерения изотопного состава меди и цинка проводили методом брекетинга на МК-ИСП-МС Neptune Plus [3, 4]. Для оценки метрологических характеристик методики использованы сертифицированные стандартные образцы базальтов BHVO-2 и BCR-2, а также андезита AGV-2 (USGS, США).

Результаты. В качестве предварительного сравнительного анализа различных параметров слоя смолы AG MP-1 для получения фракций Cu и Zn, были

построены кривые элюирования мультиэлементного раствора (рис.1а, б). Как видно из рисунка, для меньшей высоты слоя смолы, Cu-фракция содержит значительное количество кальция по отношению к массе элюированной меди. Цинковые фракции для обоих типов колонок отличаются высокой степенью чистоты. Полученные для стандартных образцов BCR-2, BHVO-2 и AGV-2 значения δ65Cu и δ66Zn хорошо согласуются с литературными данными [5].

Исследование выполнено в ЦКП УрО РАН «Геоаналитик» при финансовой поддержке проекта РНФ 16-17-10283.

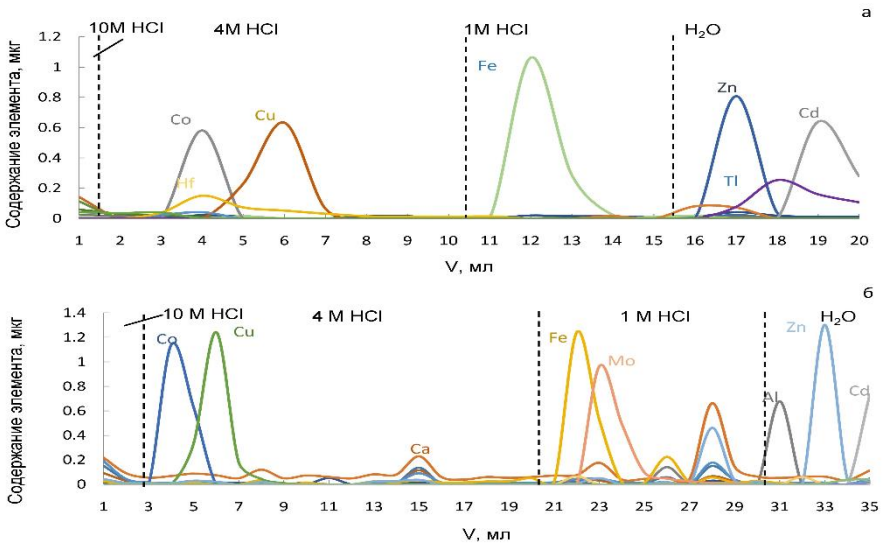


Рис. 1. Кривые элюирования мультиэлементного раствора на смоле AG MP-1 для двух типов хроматографических колонок: а - h=3,5 см, d=1 см, б - h=9 см, d=0,7 см

1. Mathur R. et al. Geochim. et Cosmochim. Acta, 69, 5233–5246 (2005)
2. Moynier F. et al. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 82, 543–600 (2017)
3. Udachin V. et al. E3S Web Conf., 98, 12023 (2019)
4. Karpova S.V. et al. AIP Conference Proceedings, 2174, 020221 (2019)
5. http://georem.mpch-mainz.gwdg.de/sample_query.asp

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОРРЕКЦИИ МАСС-ДИСКРИМИНАЦИИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ИЗОТОПНЫХ ОТНОШЕНИЙ SR МЕТОДОМ МК ИСП-МС

Касьянова А.В.[1, 2], Стрелецкая М.В.[2], Солошенко Н.Г.[2], Окунева Т.Г.[2]

[1)] УрФУ им. Б.Н. Ельцина, Екатеринбург
[2)] Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург
E-mail: Kasianova.Anya@gmail.com

A COMPARATIVE ANALYSIS OF MASS-BIAS CORRECTION METHODS FOR SR ISOTOPE RATIO DETERMINATION BY MC-ICP-MS

Kasyanova A.V.[1, 2], Streletskaya M.V.[2], Soloshenko N.G.[2], Okuneva T.G.[2]
[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Geology and Geochemistry, UB RAS, Ekaterinburg, Russia

A comparative analysis of mass bias correction methods for measuring the Sr isotope ratio was carried out. According to the measurement results for the NIST SRM 987 reference material, a combination of interelement and external correction is preferred.

Различия в эффективности экстракции, передачи и детектировании ионов приводят к тому, что измеряемое «реальное» изотопное отношение значительно отличается от его истинного значения (масс-дискриминация). Существуют различные методы для учета массового смещения: внутренняя внутриэлементная коррекция [1]; внутренняя коррекция на вводимый дополнительно элемент с известным изотопным составом [2]; внешняя коррекция методом брекетинга SSB (standard sample bracketing); комбинация внешней и внутренней коррекций и метод двойного изотопного разбавления стронция [3].

Для получения точного и правильного значения изотопного отношения необходимо выполнять коррекцию смещения массы, поэтому целью работы являлся сравнительный анализ различных способов коррекции при изотопном анализе стронция методом МК ИСП-МС.

Измерения изотопного состава Sr проводили на МК-ИСП-МС Neptune Plus [4]. Учет масс-дискриминации для полученных результатов осуществляли тремя способами: внутренней внутриэлементной коррекцией, внешней коррекцией методом брекетинга и комбинацией внешней и внутренней коррекций. В качестве стандартного образца использовали стандарт изотопного состава стронция NIST SRM 987.

Внутренняя нормализация измеренного изотопного отношения $^{87}Sr/^{86}Sr$ была выполнена по экспоненциальному закону массового фракционирования с использованием изотопного отношения $^{88}Sr/^{86}Sr = 8{,}37861$. Согласно полученным результатам (рис.1), использование внутренней коррекции (Exp law) для стандарта изотопного состава стронция NIST SRM 987 позволяет скорректировать массовую дискриминацию и получить хорошую воспроизводимость результатов.

Использование метода внешней коррекции также обеспечивает учет эффекта смещения массы (на рис.1 – SSB), но обладает худшей воспроизводимостью результатов. Кроме того, данный метод требует использования стандартного раствора и приводит к значительному увеличению времени анализа.

Для коррекции масс-дискриминации используют также комбинацию методов внешней и внутренней коррекций [3]. Данный метод (Exp law+SSB) подразумевает коррекцию измеренного изотопного отношения сначала методом внутренней коррекции, а затем по методу брекетинга. Обработанные таким способом результаты характеризуются высокой точностью и воспроизводимостью.

На основании полученных значений стандартного отклонения результатов различных способов учета смещения масс, было определено, что внутренняя коррекция, а также комбинированный метод позволяют получить на порядок лучшую воспроизводимость результатов.

Также, на рис.1 приведены результаты коррекции на среднее значение отношения $^{87}Sr/^{86}Sr$, приведенное в базе данных Georem(0,71026) [5]. Поскольку все опубликованные данные изотопного отношения скорректированы на меньшую величину $^{87}Sr/^{86}Sr$, чем приведенная в паспорте к стандарту, целесообразно использовать данное значение для дальнейшего применения полученных результатов.

Подобный подбор методов коррекции планируется выполнить и для других геологических стандартных образцов.

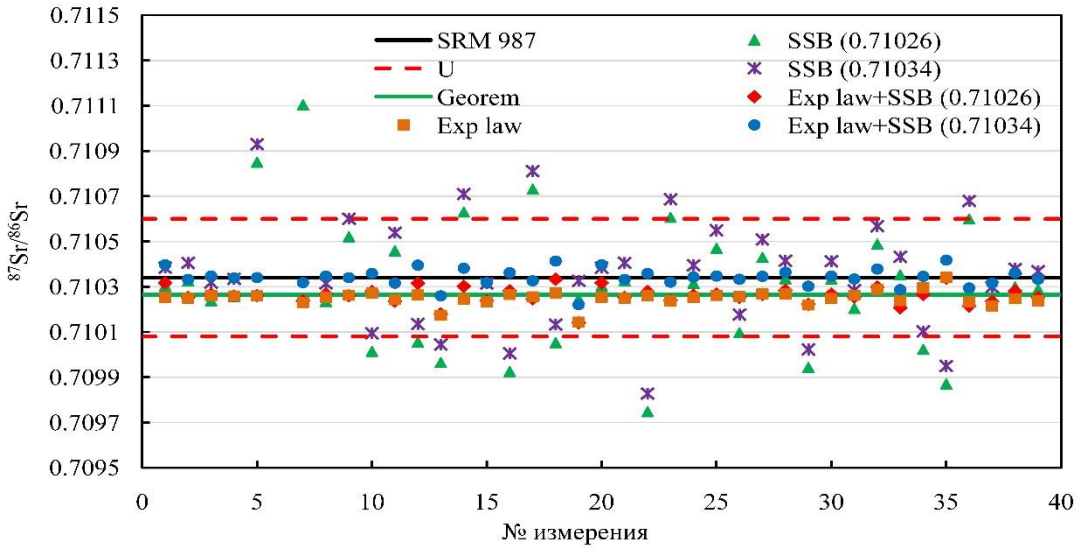


Рис. 1. Результаты различных способов коррекции масс-дискриминации при измерении $^{87}Sr/^{86}Sr$ для NIST SRM 987

Исследование выполнено в ЦКП УрО РАН «Геоаналитик» в рамках темы № АААА-А18-118053090045-8 государственного задания ИГГ УрО РАН.

1. Vanhaecke F. et al., J. Anal. At. Spectrom., 24, 863–886 (2009)
2. Ohno T., Hirata T., Anal Sci, 23(11), 1275–1280 (2007)
3. Irrgeher J. et al., Analytical Methods, 5 (7), 1687-1694, (2013)
4. Kasyanova A.V. et al., AIP Conference Proceedings, 2174, 020028 (2019).

5. Bolea-Fernandez E. et al., J. Anal. At. Spectrom., 31, 303-310, (2016)

КИНЕТИКА СОРБЦИИ СКАНДИЯ, ЦИРКОНИЯ И ТИТАНА СЛАБООСНОВНЫМ АНИОНИТОМ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ

Каёткин В.Е.[1], Юлдашбаева А.Р.[1], Кириллов Е.В.[1],
Кириллов С.В.[1], Берсенева М.А.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет
E-mail: alina.iuldashbaeva@urfu.ru

KINETICS OF SCANDIUM, ZIRCONIUM AND TITANIUM SORPTION FROM SULFURIC ACID SOLUTIONS BY WEAK BASE ANION EXCHANGER

Kayotkin V.E.[1], Yuldashbaeva A.R.[1], Kirillov E.V.[1],
Kirillov S.V.[1], Berseneva M.A.[1]

[1)] Ural Federal University

The kinetics of sorption of scandium, titanium and zirconium from sulfuric acid solutions by using anion exchanger Purolite RUA21207 was investigated. It was determined that the limiting stage of sorption was internal diffusion.

Гидролизная кислота производства диоксида титана сернокислотным способом содержит 15-20 мг/дм^3 скандия, который является одним из наиболее ценных компонентов, и другие примеси, такие как Ti и Zr с кислотой около 2 М H_2SO_4.

Скандий является типичным рассеянным металлом и встречается во многих рудах в следовых количествах. Поскольку известные месторождения собственных минералов не могут обеспечить его сырьевые базы, скандий обычно выделяют в качестве побочного продукта при переработке хвостов и остатков различных продуктов [1]. Поскольку содержание Sc в ГК невелико по сравнению с макрокомпонентами Ti и Zr в настоящее время для разделения и очистки скандия от сопутствующих примесей из различных растворов применяется ионный обмен.

Неотъемлемой частью исследования процесса ионного обмена является изучение кинетики с установлением контролирующей стадии, так как полученные выводы необходимы при организации промышленной технологии извлечения.

В данной работе исследована кинетика сорбции Sc, Ti и Zr слабоосновным анионитом Purolite RUA 21207 из сернокислых растворов.

Исследование кинетики проводили из модельных растворов состава: C(Me) = 1 г/дм3 и C(H_2SO_4) = 25г/дм3 методом ограниченного объёма, таким образом, чтобы разница между исходной концентрацией элемента и равновесной не превышала 10 %. Соотношение ионит к раствору составляло для Sc, Ti и Zr 1:50, 1:200 и 1:1000 соответственно.

Полученные кинетические кривые характеризуют зависимость количества вещества в объеме сорбента от времени. По результатам математической обработки кривых по уравнению пленочной и гелевой кинетики можно сделать следующие выводы: сорбция Sc, Ti и Zr осуществляется во внутридиффузионном режиме. Коэффициенты диффузии составили $5{,}98 \cdot 10^{-9}$ м^2/с, $5{,}88 \cdot 10^{-9}$ м^2/с и $6{,}5 \cdot 10^{-10}$ м^2/с соответственно. Коэффициенты диффузии укладываются в интервале значений 10^{-10}-10^{-9} м^2/с, что характерно для больших органических молекул, и подтверждают, что лимитирующей стадией является диффузия в фазе сорбента.

Далее методом рентгеноспектрального микроанализа был снят линейный спектр распределения элементов по диаметру насыщенного зерна ионита, а также была получена многослойная карта с использованием энергодисперсионной спектрометрии (ЭДС). Все результаты, полученные методом РСМА, указывают на то, что концентрация элементов внутри зерна значительно меньше концентрации на поверхности зерна. Этот факт может свидетельствовать о внутридиффузионной кинетике сорбции элементов, что было показано выше на модельных растворах.

1. Смирнов А. Л. Технология сорбционного извлечения редких (Sc, Ga, Zr, Hf) и сопутствующих (Al, Ti, Cu, Zn, Pb) металлов из сернокислых и щелочных растворов: диссертация доктора технических наук. Уральский государственный технический университет, Екатеринбург, 1998

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПЛЕКСНЫХ БОРСОДЕРЖАЩИХ ФЕРРОСПЛАВОВ

Кель И.Н.[1], Жучков В.И.[1], Ренёв Д.С.[1], Лозовая Е.Ю.[2]

[1)] Институт Металлургии Уральского отделения РАН
[2)] УрФУ им. первого президента России Б.Н. Ельцина Екатеринбург, Россия
E-mail: dunnington@mail.ru

STUDY OF THE PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF COMPLEX BORON-CONTAINING FERROALLOYS

Kel I.N.[1], Zhuchkov V.I.[1], Renev D.S.[1], Lozova E.Y.[2]
[1)] IMET UB RAS
[2)] UrFU named after the First President of Russia B. N. Yeltsin

The paper presents the results of studies of the physicochemical characteristics of boron-containing ferroalloys. Their density and melting points were experimentally estimated. The melting time of ferroalloys is calculated and a recommendation is given for the size of a piece for alloying steel.

Основными служебными характеристиками ферросплавов являются плотность, температура и время плавления, влияющие на коэффициент усвоения ведущего элемента. Несмотря на их значимость в литературе наблюдается недостаток экспериментальных данных о системах Fe-Si-B и Fe-Si-Al-B. Ферросплавы этих систем находят своё применение при микролегировании сталей [1].

Для изучение физико-химических свойств выбраны сплавы с химическим составом, мас. %: сплав 1 – 64,3 Si; 0,4 Al; 0,895 B; 34,4 Fe; сплав 2 – 58,1 Si; 1,3 Al; 0,982 B; 39,7 Fe; сплав 3 – 52,3 Si; 2,5 Al; 0,982 B; 39,7 Fe; сплав 4 – 43,5 Si; 3.2 Al; 1,2 B; 52,1 Fe.

Величина плотности твердых ферросплавов (ρ) измерялась пикнометрическим методом. По нему определялась масса, объем навески сплава и рассчитывалась плотность.

Показано, что с ростом содержания железа в сплаве (на 17,7%) и снижении кремния (на 20,8%) происходит увеличение его плотности с 2,75 (сплав 1) до 4,1 (сплав 2), 4,47 (сплав 3) и 4,64 (сплав 4) г/см^3. Небольшие изменения содержания в сплавах алюминия бора практически не повлияли на значения ρ.

Температуру плавления ($T_{пл}$) определяли путём фиксирования температурных кривых при охлаждении сплавов.

Все сплавы являются легкоплавкими с температурой ликвидуса, °C : 1 – 1139, 2 – 1154, 3 – 1134 и 4 - 1113. Различное содержание кремния в сплавах приводит к незначительному изменению температуры ликвидус.

Время плавления (τ) ферросплавов в жидкой стали определена по методике, описанной в [2]. Для расчета были приняты следующие параметры: температура жидкой стали и ванны 1530°C и 1600 °C, теплота кристаллизации $1{,}79 \cdot 10^9$ Дж/м^3,

коэффициент теплопроводности стали в жидком состоянии 30 Вт/м·К; форма сплава - шар диаметром 2; 4; 6; 10; 20; 30; 40 и 50 мм, начальная температура сплава 20 °С. Теплоёмкости сплавов 1-4 твердом состоянии и жидком состоянии рассчитаны аддитивно и уменьшаются с 626,8 до 586,5 Дж/кг·К, и с 997,1 до 931,4 Дж/кг·К . Значения теплопроводности взяты из литературных значений и составляет 25,7-30 Вт/м·К [1,2]. На рисунке видно, что размер куска оказывает влияние на время плавления (τ).

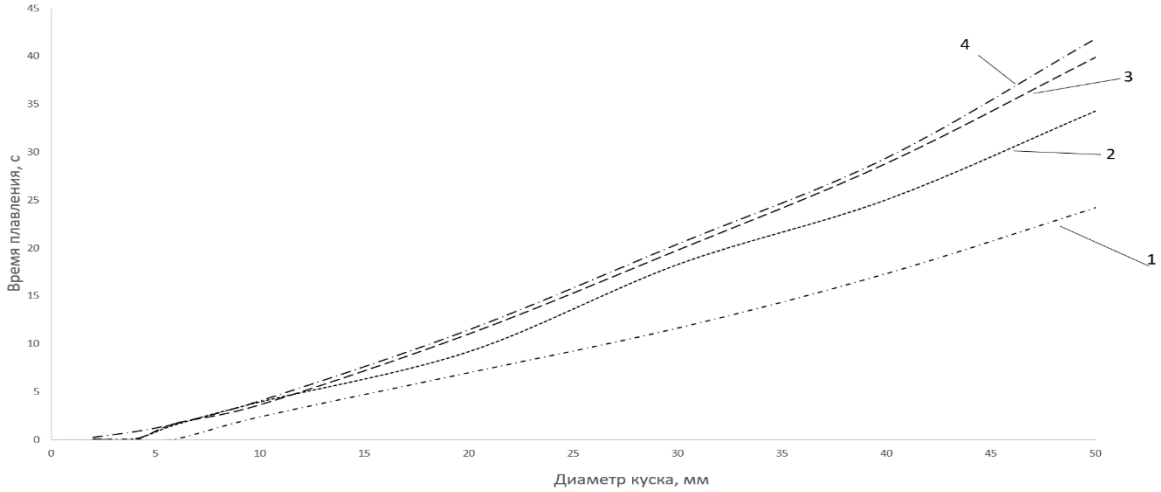


Рис. 1. Зависимость времени плавления от размера куска ферросплава: 1- сплав 1; 2 – сплав 2; 3 – сплав 3; 4 – сплав 4.

До 10 мм, сплавы имеют близкие значения τ ~ 5 с. Увеличение размера куска сплава приводит к росту τ.

Для крупности 20 мм τ составляет: 1 – 6,97 с; 2 – 9,16 с; 3 – 10,99 с; 4 – 11,43 с.

Для крупности 50 мм τ составляет: 1 – 24,21 с; 2 – 34,28 с; 3 – 39,85 с; 4 – 41,82 с.

Химических состав сплавов также оказывает влияние на τ. Увеличение в сплавах кремния с 43 до 65% способствует снижению времени плавления всех фракций в 1,5-2 раза. Основное влияние на τ оказывают плотность и теплофизические характеристики.

Таким образом показано, что сплавы системы Fe-Si-Al-B имеют рациональные значения $T_{пл}$ и τ. Большая плотность сплавов 2-4 может способствовать более полному усвоению бора сталью. Рациональный диаметр для сплавов 2-4 составляет 20-30. Ввод кусков менее 15 мм нецелесообразен из-за потерь с мелочью, а при диаметре более 30 время плавления увеличивается в 2 и более раз.

Работа выполнена по госзаданию ИМЕТ УРО РАН

1. Жучков, В.И. Применение бора и его соединений в металлургии / В.И. Жучков, Л.И. Леонтьев, А.А. Акбердин, А.А. Бабенко, А.В. Сычев – Новосибирск: Академиздат, (2018)
2. Жучков, В.И. Растворение ферросплавов в жидком металле / В.И. Жучков, А.С. Носков, А.Л. Завьялов. – Свердловск: УрО АН СССР. (1990)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА СОПОЛИМЕРИЗАЦИЮ ε-КАПРОЛАКТАМА С ω-ДОДЕКАЛАКТАМОМ

Хаматнурова А.Р.[1], Шекаева А.Р.[1], Спиридонова Р.Р.[1], Федорчук А.Н.[1]

[1)] ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия
E-mail: ae9kt@mail.ru

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF INORGANIC ADDITIVES ON COPOLYMERIZATION OF E-CAPROLACTAM WITH Ω-DODECALACTAM

Khamatnurova A.R.[1], Shekaeva A.R.[1], Spiridonova R.R.[1], Fedorchuk A.N.[1]
[1)] Kazan National Research Technological University (KNRTU), Kazan, Russia

This paper presents the study of how the aluminum oxide, titanium dioxide and silicon dioxide affect the anionic copolymerization of ε-caprolactam with ω-dodecalactam. It was found that the introduction of these additives reduces the induction period for all samples.

В ранее проведенных работах [1–3] показано, что введение неорганических добавок влияет на характер кристаллизации, изменение надмолекулярной структуры поликапроамида и улучшает прочностные и термические свойства полимера. Однако, варьировать эти свойства можно только на стадии синтеза, что невозможно без знания кинетических особенностей процесса.

Целью работы являлось изучение влияния оксида алюминия, диоксида кремния и диоксида титана на анионную активированную сополимеризацию ε-капролактама с ω-додекалактамом на стадии синтеза.

Для работы были выбраны следующие концентрации неорганических добавок: 1 мол.%, 10^{-1} мол.%, 10^{-2} мол.%, 10^{-3} мол.%. В результате проведенных исследований было выявлено, что данные соединения влияют на скорость гомополимеризации и сополимеризации этих мономеров. При этом, для реакции гомополимеризации ω-додекалактама с увеличение концентрации добавки наблюдается снижение скорости реакции. Наименьшая скорость реакции характерна для образцов, содержащих неорганическую добавку в концентрации 1 мол.%. Замедление реакции позволяет более точно контролировать и регулировать процесс полимеризации, облегчает перемешивание реакционной массы, так как увеличение молекулярной массы полимера происходит постепенно. В ходе работы

наблюдалась следующая закономерность: при увеличении содержания ω-додекалактама в сополимере происходило уменьшение индукционного периода и увеличение скорости сополимеризации (рисунок).

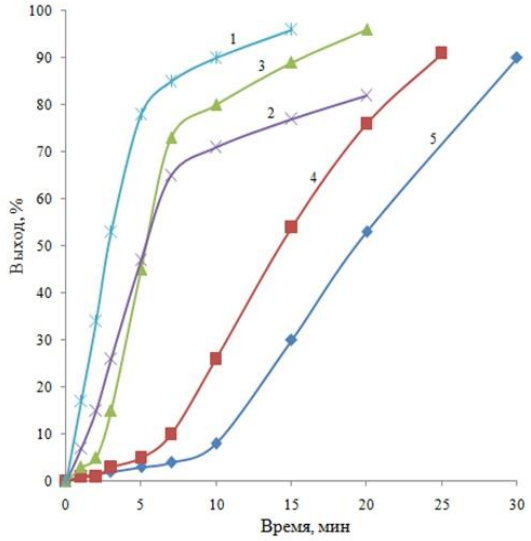


Рис. 1. Зависимость выхода сополимера ω-додекалактама /ε-капролактаму от времени полимеризации при различном мольном соотношении: 1 – 100/0; 2 – 80/20; 3 – 50/50; 4 –20/80; 5 – 0/100.

При анализе влияния неорганических добавок на сополимеризацию ε-капролактама с ω-додекалактамом было выявлено, что введение этих добавок способствует уменьшению индукционного периода для всех образцов. Также было замечено, что диоксид титана замедляет скорость сополимеризации при всех соотношениях мономеров. Модификация оксидом алюминия способствует увеличению скорости реакции для образцов сополимера ω-додекалактам/ε-капролактам в соотношении 50/50 и 80/20. При введении диоксида кремния наблюдается ускорение реакции для образца с избытком ε-капролактама.

1. Ахметова А.А, Гарифуллин И.И., Федорчук А.Н., Спиридонова Р.Р. Вестник Казан. технол. ун-та. 20, 21-22 (2017).

2. Гарифуллин И.И., Ахметова А.А., Федорчук А.Н., Спиридонова Р.Р. Вестник Казан. технол. ун-та. 20, 26-27 (2017).

3. Хаматнурова А.Р., Шекаева А.Р., Иксанов Р.А., Федорчук А.Н., Спиридонова Р.Р. Всероссийская 52-й научная студенческая конференция «Волонтерство Наука Образование». г.Чебоксары (2018) 56-57.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ОСАЖДЕНИЯ НА СВОЙСТВА ПОРОШКОВ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Харисова К.А.[1], Жиренкина Н.В.[1], Машковцев М.А.[1], Карташов В.В[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Ksenia.Kharisova@urfu.me

INFLUENCE OF PRECIPITATION CONDITIONS ON THE PROPERTIES OF ZIRCONIUM DIOXIDE POWDERS

Kharisova K.A.[1], Zhirenkina N.V[1], Mashkovtsev M.A[1], Kartashov V.V[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Samples of partially stabilized zirconium oxide were synthesized. The effect of precipitant on the properties of powders was studied. The effect of pH precipitation on the properties of zirconium oxide powders was studied.

Благодаря уникальному сочетанию свойств, таких как высокая температура плавления, устойчивость к коррозии, эрозии и износу, высокая прочность и вязкость разрушения [1], керамика из диоксида циркония имеет широкую область применения: из нее изготавливают режущий инструмент для обработки металлов, подшипники, детали автомобилей, медицинские изделия и др. Свойства изделий напрямую зависят от свойств исходного порошка, поэтому необходимо контролировать условия его синтеза для получения параметров, в частности, удельной поверхности, пористости, размеров частиц, максимально отвечающих требованиям эксплуатации конкретного изделия.

Гидратированный оксид циркония получали по технологии, описанной в патенте [2], в качестве стабилизирующей добавки вводили нитрат иттрия 5% по оксидам. Проводили прямое осаждение и осаждение при различных значениях pH по технологии, описанной в патенте [2], в качестве осадителя использовали водный раствор аммиака или раствор 10% гидроксида натрия. Затем полученную суспензию подвергали фильтрации, промывали, сушили при 120 °С, обжигали при 800 °С.

При увеличении значения pH осаждения наблюдается увеличение доли моноклинной фазы, вне зависимости от типа осадителя. Наибольшая доля моноклинной фазы (32,7 %) наблюдалась в образце, полученном осаждением аммиаком при значении pH=8. Возможно, это связано с характером осаждения иттрия: иттрий осаждается совместно с цирконием при больших значениях pH, либо происходит адсорбция иттрия на поверхности частиц циркония в процессе осаждения при меньших значениях pH.

Показано, что осаждение щелочью приводит к резкому снижению значения удельной поверхности, по сравнению с образцами, осажденными аммиаком с 50,57 м²/г до 15,55 м²/г, также образцы, полученные осаждением щелочью,

меньше склонны к агрегации. Вероятно, это может быть связано с тем, что при осаждении щелочью наступает резкое пересыщение при падении капли нитратов металлов, а при осаждении аммиаком зародышеобразование происходит более плавно за счет буферирующего действия образующихся солей нитрата аммония.

Работа выполнена при финансовой поддержке постановления № 211 Правительства Российской Федерации, контракт № 02.A03.21.0006.

1. D.J. Clough, «ZrO2 powders for advanced and engineered ceramics», Ceram. Eng. Sci. Proc., 7-8, No. 9-10, 1244-1260 (1985).
2. Патент 10196313 USA Daiichi Kigenso Kagaku Kogyo Co., LTD, Zirconia fine powder and production method therefor, 2019

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИРОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКИХ ОСТАТКОВ КЕРАМИКИ БРОНЗОВОГО ВЕКА (БОЗШАКОЛЬ, КАЗАХСТАН) МЕТОДОМ ГХ-МС ПОСЛЕ КИСЛОТНОГО МЕТАНОЛИЗА

Хорькова А.Н.[1], Данилов Д.А.[1], Киселева Д.В.[2],
Рянская А.Д.[2], Дубягина Е.В.[3]

[1)] УрФУ им. Б.Н. Ельцина, Екатеринбург
[2)] Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург
[3)] Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан
E-mail: arina.khorkova@gmail.com

FATTY ACID COMPOSITION OF ORGANIC RESIDUE ON BRONZE AGE POTTERY (BOZSHAKOL, KAZAKHSTAN) BY GC-MS AFTER ACID METHANOLYSIS

Khorkova A.N.[1], Danilov D.A.[1], Kiseleva D.V.[2],
Ryanskaya A.D.[2], Dubyagina E.V.[3]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Geology and Geochemistry, UB RAS, Ekaterinburg, Russia
[3)] al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Republic of Kazakhstan

Gas chromatography-mass spectrometry after the extraction of methyl esters after acid methanolysis was used to identify the fatty acid composition of ancient ceramics containing organic residues. The correlation of certain acids to various food products was carried out, in particular, sheep fat.

Анализ липидов (жиров, масел и восков), адсорбированных археологической керамикой, произвел настоящую революцию в исследовании пищевых привычек и кулинарных практик в древности [1]. В ходе проведения археологических работ

на территории Бозшакольского горно-металлургического комплекса (Казахстан) было обнаружено 10 объектов, охватывающих широкий хронологический диапазон от палеолита до рубежа эр, включая обширный керамический материал с жирным нагаром на внешней и внутренней поверхности [2].

Целью работы являлось исследование состава органических остатков керамик методом ГХ/МС после кислотного метанолиза.

Материалы и методы. Был исследован ряд образцов керамики саргаринского типа из Бозшакольского горно-металлургического комплекса (Казахстан) с жирным нагаром на внутренней и внешней поверхности [2]. Перед анализом проводили ручное измельчение проб в яшмовых ступках.

Минеральный состав керамики определяли методом рентгенофазового анализа (ИГГ УрО РАН) согласно [3]. Дифрактограммы получены с использованием рентгеновского дифрактометра SHIMADZU XRD-7000. Условия проведения – фильтрованное медное излучение в диапазоне брэгговских углов 2Θ 3-70˚, скорость съемки 1˚/мин, напряжение 40 кВ, ток 30 мА.

Для проведения ГХ/МС (GC/MS) использовали Perkin Elmer Clarus 600 с масс-спектрометром Perkin Elmer Clarus 600T. Пробоподготовка была выполнена согласно [4]. Использовалась капиллярная колонка Elite-5MS 30 м х 250 мкм). Температура термостата изменялась с 30 °С до 300 °С с изотермическим периодом 10 мин. Масс-спектрометр использовался в режиме ионизации электронным ударом. Напряжение на источнике ионов составляло 70 эВ. Масс-спектры регистрировали в диапазоне m/z 35-400 а.е.м.

По результатам рентгенофазового анализа в составе керамики было установлено наличие органической фазы. Ее дальнейший анализ методом ГХ/МС показал, что в пробе присутствуют насыщенные жирные кислоты с линейной и разветвленной цепью (C8:0 - C30:0), ненасыщенные жирные кислоты (C16:1 и C18:1), оксикислоты, дикислоты и полиядерные ароматические углеводороды (нафталин, антрацен, пирен). В жирнокислотном профиле доминируют пальмитиновая и стеариновая кислоты, что характерно для образцов керамики, обнаруженных в других регионах [4]. Причем отношение содержания пальмитиновой к стеариновой кислоте (P/S) составляло около 1, что характерно для жиров жвачных животных (овцы и крупный рогатый скот). Сравнивая полученные данные отношения для предельных и непредельных кислот с литературными данными для современных животных жиров, можно предположить, что жирные кислоты, найденные в образцах, характерны для бараньего жира [5]. Обнаруженные оксикислоты и дикислоты, как известно, являются продуктами деградации жирных кислот [4]. Наличие ароматических полиядерных соединений свидетельствует о том, что образцы керамики подвергались тепловому воздействию.

Исследования минерального состава керамики выполнены в ЦКП «Геоаналитик» в рамках темы № АААА-А18-118053090045-8 государственного задания ИГГ УрО РАН.

1. Craig O.E. et al. Nature 496, 351–354 (2013)
2. Дубягина Е.В. Наука и бизнес: пути развития, 6(72), 147-149 (2017)

3. Piskareva M.P. et al. AIP Conference Proceedings 2174, 020243, Published Online: 06 December 2019, https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5134394, https://doi.org/10.1063/1.5134394 (2019)

4. Dunne J., Mercuri A., Evershed R. et al. Nature Plants 3, 16194 (2017) doi:10.1038/nplants.2016.194.

5. Пожидаев В.М., Сергеева Я.Э., Слушная И.С. и др. Бутлеровские сообщения, 52(12), 73–81 (2017).

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕЙ КЕРАМИКИ

Султанова Д.Т.[1], Ющенко А. К.[1], Хорошавцева Н.В.[1], Митюшова Ю.А.[1], Денисова Э.И.[1], Карташов В.В.[1], Денисова О.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Natahor98@mail.ru

PRODUCTION OF POWDERS BASED ON ZIRCONIUM DIOXIDE FOR ELECTRICALLY CONDUCTING CERAMICS

Sultanova D.T.[1], Yushchenko A.K.[1], Khoroshavceva N.V.[1], Mityoshova Y.A.[1], Denisova E.I.[1], Kartashov V.V.[1], Denisova O.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work, powders prepared by the method of organic nitrate combustion were studied. Was used X-ray diffraction analysis to determine the lattice and Tablets were pressed from powders to determine the conductive properties.

Исследуемые керамические порошки состава ZrO_2-Y_2O_3-Sc_2O_3 были получены по реакции глицин-нитратного горения из азотнокислых растворов солей. Содержание стабилизирующей добавки Y_2O_3 во всех образцах составляло 1 мол. %, содержание Sc_2O_3 варьировалось от 5 до 10 мол.%.

Для удаления остатков несгоревшего углерода в порошках их дополнительно прокаливали при температуре 800° по режиму: нагрев до заданной температуры, выдержка в течение 3 часов, охлаждение в печи до 500°.

Оценку удельной поверхности частиц проводили на приборе NOVA 1200e методом адсорбции газов (метод Брунауэра-Эммета-Теллера, сокращенно БЭТ-метод). Результаты показали, что площадь удельной поверхности порошков варьировалась от 7,3 до 12,3 м2/г. Определение размеров частиц проводили методом лазерной дифракции на приборе ANALYSETTE 22 NanoTec plus компании FRITSCH. Фракционный состав у всех порошков оказался примерно одинаков: доля частиц, размер которых не превышала 20 мкм составляла ~ 90 %.

Анализ фазового состава порошков показал, что при постоянном содержании оксида иттрия 1 мол.% и при содержание оксида скандия более 7 % образуется кубическую решетка диоксида циркония, при содержании Sc_2O_3 менее 7 % присутствует тетрагональная фаза. Область когерентного рассеивания порошков составов 1Y5Sc до 1Y10Sc варьировалась от 210 до 380 Å.

Исследуемые порошки использовали в дальнейшем для определения электропроводящих свойств керамических образцов.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИКИ СОРБЦИИ СТРОНЦИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫМИ АЛЮМОСИЛИКАТАМИ

Хромченкова А. В.[1], Блинова М. О.[1], Воронина А. В.[1]

[1)] Физико-технологический институт
E-mail: anya.petrova2013@bk.ru

THE STUDY OF STATISTICS OF STRONTIUM BY MODIFIED ALUMINOSILICATES

Khromchenkova A. V.[1], Blinova M. O.[1], Voronina A. V.[1]
[1)] Institute of Physics and Technology

Statics of strontium sorption from low mineralized waters by sorbents based on natural and modified aluminosilicates was studied. The highest distribution coefficient has a sample of FG-Cl with a concentration of iron phosphate of 0.00001 M 10(4.80 ± 0.00) ml/g after 4 weeks.

В настоящее время в окружающую среду в результате деятельности человека попадает большое количество разнообразных веществ, в том числе и радиоактивных. Различные радиоактивные изотопы представляют собой опасность для жизнедеятельности человека, а также для устойчивого существования экологических систем. Для реабилитации радиоактивно-загрязнённых объектов рационально применение недорогих и доступных материалов, обладающих сорбционными свойствами. Наиболее эффективным и распространенным методом, применяемым для решения проблем, связанных с ликвидацией такого рода загрязнений, является сорбционная очистка вод. Одними из самых доступных природных материалов являются алюмосиликаты. В качестве природного алюмосиликата для проведения исследований использовали образец клиноптилолита Шивертуйского месторождения Читинская область, Россия (Кл). Природный клиноптилолит был измельчен до размера зерна 0,2-0,4 мм.

В ходе данной работы нам удалось модифицировать образцы сорбентов фосфатов железа на основе клиноптилолита (ФЖ-Кл) с различной концентрацией фосфатов. Исследована статика сорбции стронция модифицированными

алюмосиликатами. Для построения изотермы сорбции готовили раствор в диапазоне концентраций стронция (0,05, 1, 102 и 103 мг/л). Удельное содержание сорбента в системе составило V / m = 20 мл / 50 мг, pH = 7,8±0,2.

Коэффициенты распределения полученных сорбентов совпадают в пределах погрешностей. Значения СОЕ образцов составляют - 48,32 мг/г для образца сорбента ФЖ-Кл с концентрацией фосфата железа 10^{-5} М, и 44,51 мг/г, для образца сорбента ФЖ-Кл с концентрацией фосфата железа 1 М. Самый высокий коэффициент распределения обладает образец ФЖ-Кл с концентрацией фосфата железа 10^{-5} М $10^{(4,80\pm0,00)}$ мл/г через 4 недели.

1. Когановский А.М., Клименко Н.А. Физико-химические основы извлечения поверхностно-активных веществ из водных растворов и сточных вод. Киев: Наук. Думка. 1978. – 175 с.

2. Тарасевич, Ю.И. Адсорбция на глинистых минералах / Ю.И. Тарасевич, Ф.Д.Овчаренко. – Киев.: Наукова думка, 1975. – 210 с

ВЫДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПОВ РАДИЯ-228 И РАДИЯ-224 ИЗ ТОРИЯ-232

Кириченко И.В.[1], Семенищев В.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: irishka_1096@inbox.ru

SEPARATION OF RADIUM-228 AND RADIUM-224 ISOTOPES FROM THORIUM-232

Kirichenko I.V.[1], Semenishchev V.S.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A method of separation of Ra-228 and Ra-224 isotopes from an old Th-232 salt solution using sorption by thin-layer manganese dioxide was suggested. Optimal conditions for separation was found by theoretical modelling. Separation scheme was described.

Природные радионуклиды – один из удобных инструментов радиохимических исследований. В данной работе был изучен способ выделения изотопов радия-228 (T½ = 6,7 лет) и радия-224 (T½ = 3,64 дня) из старой соли тория-232. Накопление изотопов радия в тории-232 происходит по цепочке: Th-232 → Ra-228 → Ac-228 → Th-228 → Ra-224. Для селективного выделения радия из соли тория было предложено использовать сорбент MnO_2-ТАЦ, представляющем собой тонкослойный диоксид марганца на плоской подложке из триацетатцеллюлозы. Предварительное изучение статики сорбции радия на сорбенте MnO2-ТАЦ показало, что зависимость степени сорбции от pH имеет классический S-образный вид, при этом максимум сорбции начинается при pH > 5. При этом для

получения препаратов радия с достаточно высокой активностью требуется извлекать их из растворов тория с довольно высокой концентрацией порядка граммов в литре, т.к. удельная активность тория-232 составляет примерно 4 кБк/г. Очевидно, что в таких растворах уже при pH > 3 будет выпадать в осадок гидроксид тория, что может негативно сказаться на сорбции радия.

Для решения данной проблемы было предложено стабилизировать торий в растворе с помощью комплексообразователя ЭДТА. Нами был произведен теоретический расчет форм состояния радия и тория в растворе в зависимости от pH и концентрации ЭДТА. Были найдены оптимальные условия, при которых можно осуществить сорбционное выделение радия из раствора тория: pH = 5 – 6, концентрация ЭДТА = 150 – 200% избыток по стехиометрической реакции комплексообразования с торием.

Поскольку химические свойства Ra-228 и Ra-224 идентичны, при их выделении сорбируются оба изотопа. Для получения чистых изотопов было предложено выдерживать насыщенный сорбент и оставшийся раствор в течение 40 суток. При этом на сорбенте происходит распад Ra-224 (остается только Ra-228), а в растворе – накопление Ra-224 без Ra-228, который можно снова извлечь из раствора с помощью сорбции. Таким образом, после выдержки можно получить образцы чистых изотопов Ra-228 и Ra-224.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Свердловской области в рамках научного проекта № 20-43-660055.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Берсенева М.А.[1], Кириллов Е.В.[1], Кириллов С.В.[1],
Буньков Г.М.[1], Рычков В.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: e.v.kirillov@urfu.ru

STUDY OF THE INTEGRATED PROCESSING OF LITHIUM-ION BATTERIES

Berseneva M.A.[1], Kirillov E.V.[1], Kirillov S.V.[1], Bunkov G.M.[1], Rychkov V.N.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

For recovery of Li, Co, Ni, Mn and Cu from the spent lithium-ion batteries, a novel leaching process involving water, ammonium carbonate and succinic acid as leaching agents and hydrogen peroxide as reducing agent was developed.

Литий-ионные аккумуляторы (ЛИА) широко используются в портативных электронные устройства, возобновляемые, но непостоянные устройства накопления энергии, и индустрия электромобилей новой энергии за их превосходные свойства [1]. В 2005 году материал $LiCoO_2$ занимали приблизительно 94% доли рынка [2]. Учитывая стоимость $LiCoO_2$ и токсичность Co, в настоящее время освоено производство накопителей энергии с другими ряд альтернативными катодными материалми, такими как $LiNi_xCo_yMn_zO_2$ (x + y + z = 1), $LiFePO_4$ и $LiMn_2O_4$. Наибольшее распространение получил катодный материал $LiNi_xCo_yMn_zO_2$ вследствие более низкой стоимости и лучших электрохимических характеристик [2]. В то же время, широкое использование ЛИА, диктует необходимость, более широкого вовлечения их во вторичную переработку.

В данной работе исследовалась возможность первичной переработки ЛИА с изучением операций дробления и фракционирования основных составляющих ЛИА, а также переработкой катодного материала с переводом ценных компонентов в раствор.

Первичная водная отмывка катодного материала от ЛИА позволила выявить в данном оборотном водном растворе значительные концентрации лития до 1 г/дм^3. Дальнейшее сорбционное концентрирование лития из этих растворов и регенерация насыщенного ионита органической кислотой, позволила получать достаточно чистый концентрат лития более 97%.

Исследование различных выщелачивающих агентов при переработки катодного материала было сконцентрировано только на использовании экологически-приемлемых компонентов. В качестве агентов были исследованы минеральные соли, органические кислоты и экологически чистые органические растворители. В результате была предложена технологическая схема, основанная на

последовательном селективном выщелачивании меди, лития и последующем групповом выщелачивании никеля, кобальта, марганца. Необходимо отметить, что все выщелачивающие агенты использовались с оборотом.

1. Joulié, M., Laucournet, R., Billy, E., Journal of Power Sources, 247, 551–555, (2014).
2. He, L.P., Sun, S.Y., Mu, Y.Y., Song, X.F., Yu, J.G. ACS Sustainable Chemistry Engineering, 5 (1), 714–721, (2016).

СИНТЕЗ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ НА ОСНОВЕ МОЛИБДАТА ВИСМУТА

Климова А.В.[1], Михайловская З.А.[1], Буянова Е.С.[1]

[1)] Департамент фундаментальной и прикладной химии, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина Институт естественных наук и математики, Екатеринбург, 620026, Российская Федерация
E-mail: bbgiyongchy@gmail.com

SYNTHESIS AND ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF COMPLEX OXIDES BASED ON BISMUTH MOLYBDATE

Klimova A.V.[1], Mikhailovskaya Z.A.[1], Buyanova E.S.[1]

[1)] Department of Fundamental and Applied Chemistry, Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin Institute of Natural Sciences and Mathematics, Yekaterinburg, 620026, Russian Federation

This study is devoted to the synthesis and study of the properties and structure of Sb- and Sn-substituted $Bi_{13}Mo_5O_{34}$. Complex oxides were synthesized using the solid phase method. Samples were investigated using XRPD. The electrical conductivity was studied by impedance spectroscopy.

Современные научные задачи предусматривают поиск новых материалов, обладающих такими свойствами как термостойкость и высокая кислородно-ионная проводимость. Такими материалами являются сложнооксидные соединения, свойства которых можно регулировать в широком диапазоне параметров путем направленного допирования.

Данная работа посвящена исследованию возможности получения, установлению специфики структуры и свойств кислородно-ионных проводников на основе $Bi_{13}Mo_5O_{34\pm\delta}$, замещенного сурьмой и оловом.

Матричное соединение $Bi_{13}Mo_5O_{34\pm\delta}$ обладает редкой колончатой структурой: содержит колончатые фрагменты $[Bi_{12}O_{14}]_n^{8n+}$, ориентированные вдоль оси y, и окруженные кислородно-молибденовыми полиэдрами и изолированными ионами висмута.

$Bi_{13}Mo_5O_{34\pm\delta}$ кристаллизуется в триклинной симметрии, выше 310°C переходит в моноклинную модификацию, что отражается на электропроводящих

характеристиках [1]. Замещение в рассматриваемом молибдате висмута может привести к стабилизации моноклинной модификации и оптимизации проводящих свойств

В настоящей работе были получены твердые растворы общего состава: $Bi_{13}Mo_{5-y}Sn_yO_{34.5\pm\delta}$ ($y\leq0.7$, $\Delta y=0.1$); $Bi_{13}Mo_{5-y}Sn_yO_{34.5\pm\delta}$ ($y\leq1.0$, $\Delta y=0.1$) и определены их структурные особенности и свойства.

Образцы получены по стандартной керамической технологии путем гомогенизации и последующего отжига стехиометрических количеств исходных оксидов и солей. Первая стадия – отжиг при 550ºС, затем закаливание брикета помещением его в воду комнатной температуры. После первой термообработки образцы перетирали с этиловым спиртом для следующей стадии. Вторая стадия – отжиг при 890ºС, затем медленное охлаждение вместе с печью. Конечная температура синтеза в обоих случаях составила 890ºС.

Фазовый состав контролировался посредством РФА. Определены области гомогенности и существования структурных модификаций. В общем показано увеличение симметрии до моноклинной с возрастанием концентрации допанта. При замещении молибдата висмута $Bi_{13}Mo_5O_{34}$ металлами наблюдается широкая область гомогенности твердых растворов: $y\leq0.7$ для Snи $y\leq1.0$ для Sb.

Исследования температурной зависимости электропроводности проводили в интервале температур 825-220°С в режиме охлаждения методом импедансной спектроскопии на двухконтактной ячейке с платиновыми электродами. Исходя из достаточно высоких значений электропроводности замещенных молибдатов висмута, можно утверждать, что исследованные соединения проявляют себя как перспективные электролиты в средней области температур. Выявлены наиболее перспективные по величине электропроводности образцы.

1. Buttrey D. J., Vogt T., Yap G. P. et al., Mater. Res. Bull, V. 32, P. 947–962, (1997)

КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ ПРИМЕСЕЙ В СМОЛАХ ТВЭКС МЕТОДОМ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ

Кочергина Е.В.[1], Вагина А.О.[1], Таукин А.О.[1], Абрамов А.В.[1], Буньков Г.М.[1], Ребрин О.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: kochergina625@gmail.com

XRF CONTROL OF TRACE ELEMENTS CONTENT IN SOLID-PHASE EXTRACTION SORBENT

Kochergina E.V.[1], Vagina A.O.[1], Taukin A.O.[1], Abramov A.V.[1], Bunkov G.M.[1], Rebrin O.I.[1]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

WDXRF spectrometry was applied to determine the concentration of trace elements in solid-phase extraction sorbent. Reference materials (RMs) were synthesized by analytes sorption from solutions of known concentration. To control the completeness of sorption solutions were analyzed by ICP-MS.

На сегодняшний день добыча скандия в РФ осуществляется его попутным извлечением из растворов, полученных после скважинного подземного выщелачивания месторождений урана. В данной технологии скандий отделяется от остальных элементов продуктивных растворов методом сорбции на ТВЭКС. Основными примесными компонентами, сорбирующимися на ТВЭКС совместно со скандием, являются торий, уран и иттрий. В процессе десорбции данные компоненты остаются на смоле, что приводит при длительной эксплуатации к снижению сорбционной емкости смолы. Информация о химическом составе сорбента позволяет оптимизировать и контролировать процедуру регенерации ТВЭКСа в технологическом цикле.

Определение содержания Sc, Th, U и Y в сорбенте производилось методом рентгеноспектральной флуоресцентной спектрометрии. Количественный спектральный анализ требует наличия образцов сравнения (ОС). Создание ОС осуществлялось путем сорбции аналитов из растворов с заданными концентрациями на сорбенте ТВЭКС. Полноту процесса сорбции контролировали с помощью масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

В ходе работы изготовлено пять ОС с концентрационными диапазонами аналитов: Sc 0.01–0.70 мас. %, Th 0.01–0.95 мас. %, U 0.01–0.12 мас. %, Y 0.01–0.2 мас. %. Сорбция аналитов производилась в статических условиях в течение 24 ч. Смола после сорбции была высушена и измельчена. Регистрация сигнала производилась в атмосфере гелия, ОС и пробы для анализа загружались плотным слоем в кюветы с пленкой 4 мкм.

После построения градуировочных зависимостей выбраны условия возбуждения аналитических линий, условия регистрации аналитического сигнала, произведен учет матричных влияний.

СОРБЦИЯ ХРОМА (VI) НА МЕХАНОАКТИВИРОВАННОМ РУТИЛЕ

Печищева Н.В.[1, 2], Коробицына А.Д.[1, 2], Виноградова Е.О.[2],
Эстемирова С.Х.[1, 2], Зайцева П.В.[1, 2]

[1)] Институт металлургии УрО РАН
[2)] Уральский федеральный университет
E-mail: annakorobitsyna@mail.ru

ADSORPTION OF CHROMIUM (VI) ON MECHANICALLY ACTIVATED RUTILE

Pechishcheva N.V.[1, 2], Korobitsyna A.D.[1, 2], Vinogradova E.O.[2],
Estemirova S.K.[1, 2], Zaitceva P.V.[1, 2]
[1)] Institute of metallurgy of UB RAS
[2)] Ural Federal University

The possibility of removing the Cr (VI) from water by adsorption on mechanically activated rutile has been shown. The degree of adsorption of the pollutant was studied as a function of pH, sorbent dose, time, solution composition, and when the solution was illuminated with various radiation sources.

Сточные воды, образующиеся в результате таких видов промышленной деятельности, как консервация древесины, производство текстиля, обработка металлов, дубление кожи и пр., являются основными источниками хрома (VI) в поверхностных водах суши. Хром (VI) - потенциальный канцероген, ПДК которого в питьевой воде – 0.05 мг/дм^3. Сорбция - распространенный метод удаления хром (VI) из водных растворов. Диоксид титана – популярный сорбент, известный, к тому же, как фотокатализатор. Известно [1], что механоактивация улучшает сорбционные свойства диоксида титана модификации рутил по отношению к ионам галлия (III) и германия (IV).

В данной работе показана возможность удаления хрома (VI) из воды путем сорбции на механоактивированном диоксиде титана. Механоактивацию рутила проводили по методике, описанной в работе [1]: предварительно прокаленный при 700 ºС рутил (квалификация ОСЧ), механоактивировали в высокоэнергетической планетарной шаровой мельнице Pulverisette 7 PremiumLine с гарнитурой из карбида вольфрама (включая 30 шаров диаметром 10 мм), скорость вращения основного диска — 800 мин$^{-1}$. Режим помола - сухой, через каждые 15 мин стаканы остужали на воздухе до комнатной температуры.

Сорбцию хрома (VI) проводили из раствора бихромата калия с концентрацией 50 мг/дм^3 в статическом режиме. Была исследована степень сорбции в зависимости от pH, дозы сорбента, времени сорбции, состава раствора, а также при освещении раствора различными источниками излучения. Концентрация хрома (VI) в растворе контролировалась спектрофотометрически, по собственному поглощению бихромат-иона (длина волны 350 нм), общая концентрация хрома - методом атомной эмиссии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС).

Установлено, что удаление хрома (VI) на 99 % достигается при использовании 0.25 г сорбента на 15 мл раствора в течение 3 часов, либо 0.5 г сорбента в течение 1.5 часов под действием облучения ультрафиолетом в кварцевых стаканах в среде ацетатного буферного раствора с pH = 5. Такого эффекта не наблюдается, если использовать рутил, не подвергнутый механоактивации (степень сорбции в данном случае не превышает 35 %), проводить сорбцию без освещения либо при освещении источником излучения с максимумом 400 – 600 нм. Компоненты универсальной буферной смеси – фосфат-, борат-ионы – снижают степень сорбции хрома.

Совпадение результатов определения степени сорбции методами спектрофотометрии и ИСП-АЭС указывает на то, что хром не остается в растворе в виде хромат-ионов либо ионов хрома (III), а сорбируется практически полностью.

Работа выполнена по проекту № 18-10-3-28 Комплексной программы УрО РАН и при финансовой поддержке постановления #211 Правительства РФ, контракт № 02.A03.21.00006.

1. О.В. Мельчакова, Н.В. Печищева, А.Д. Коробицына. Цветные металлы, 1, 32 (2019).

СПЕЦИФИЧЕСКИЙ ХЕЛАТО-ПОДОБНЫЙ КАТАЛИЗ РЕАКЦИИ АМИДИРОВАНИЯ МЕТИЛОВЫХ ЭФИРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

Коротаев М.С.[1], Ширшин К.К.[1], Есипович А.Л.[1],
Рогожин А.Е.[1], Зольнова А.Д.[1]

[1)] Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (Дзержинский филиал), Дзержинск, Россия
E-mail: kor.mix.2033@yandex.ru

SPECIFIC CHELATE-LIKE CATALYSIS IN AMIDATION REACTION OF FATTY ACID METHYL ESTERS

Korotaev M.S.[1], Shirshin K.K.[1], Esipovich A.L.[1], Rogozhin A.E.[1], Zol'nova A.D.[1]
[1)] Nizhny Novgorod State Technical University (Dzerzhinsky branch), Dzerzhinsk, Russia

Specific chelate-like pre-reaction complexes were detected in amidation reaction of fatty acid methyl esters and dimethylaminopropylamine catalyzed by aminoalcohols.

В последние десятилетия амиды жирных кислот и их четвертичные аммониевые производные находят широкое применение в различных областях промышленности. Получаемые каталитическим амидированием триглицеридов жирных кислот, такие амиды часто используются в качестве компонентов моющих средств, эмульгаторов и плёнкообразующих ингибиторов сернокислой коррозии. В последние годы в качестве альтернативного сырья для получения соответствующих амидов предлагаются метиловые эфиры жирных кислот (МЭЖК), получаемые переэтерификацией непищевых растительных масел метанолом.

Традиционно, реакции амидирования катализируются гидроксидами, алкоголятами и солями металлов. Однако в последние годы, в связи с ужесточением экологических норм и стремлением производителей к уменьшению энергозатрат, важнейшей задачей органической химии является поиск новых вариантов каталитического ускорения подобных реакций, наиболее перспективным из которых является катализ водородными связями.

Исходя из этого, в качестве потенциальных катализаторов реакции амидирования МЭЖК диметиламинопропиламином (ДМАПА) нами были рассмотрены аминоспирты различного строения.

Установлено, что различия в значении начальных скоростей реакции катализируемых аминоспиртами обусловлены числом спиртовых групп в молекуле катализатора. Так, моноэтаноламин и диметилэтаноламин, содержащие одну гидроксильную группу, слабо влияют на скорость процесса, в то время как введение в систему добавок диэтаноламина, метилдиэтаноламина и триэтаноламина (представляющих собой многоатомные спирты) способствует значительному ускорению реакции амидирования. Выдвинута гипотеза о том, что аминоспирты, содержащие 2 и более гидроксильных групп, способны образовывать

специфические предреакционные комплексы с молекулой исходного эфира, что впоследствии было подтверждено квантово-химическими расчётами.

Данные комплексы, являющиеся димерными ассоциатами, в которых молекула добавки связана с двумя кислородами эфирной группы реагента через концевые гидроксильные группы в положениях 1 и 5, могут рассматриваться как предреакционные основания, косвенным образом влияющие на энергию активации реакции. Действительно, добавление диэтиленгликоля в концентрации 3% масс. способствует увеличению скорости реакции в 2 раза.

Таким образом, эффективный катализ водородными связями с образованием энергетически выгодных предреакционных комплексов различного строения может иметь как практическую, так и научную значимость. Использование т.н. органокатализаторов вместо традиционных катализаторов в исследуемой реакции значительно увеличивает экологичность процесса при сохранении показателей эффективности процесса.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (проект №19-73-00276).

ЭЛЕКТРОННЫЕ СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ ИОНОВ ЕВРОПИЯ(II) В ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВАХ

Костюков Е.А.[1], Тропин О.А.[1], Волкович В.А.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет
E-mail: evgenij-kostyukov@mail.ru

ELECTRONIC ABSORPTION SPECTRA OF EUROPIUM(II) IONS IN CHLORIDE MELTS

Kostyukov E.A.[1], Tropin O.A.[1], Volkovich V.A.[1]
[1)] Ural Federal University

Electronic absorption spectra of solutions of europium dichloride in alkali chloride melts were recorded at 823–1123 K. The experiments were performed in NaCl–KCl–CsCl eutectic and NaCl–KCl equimolar mixture based melts.

Расплавы на основе хлоридов щелочных металлов могут быть использованы в качестве рабочих сред при электролитическом получении редкоземельных металлов, пироэлектрохимической переработке отработавшего ядерного топлива в котором редкоземельные элементы (РЗЭ) присутствуют в качестве продуктов деления. Разработка технологических процессов зависит от наличия всесторонней информации о свойствах, поведении и ионно-координационном состоянии присутствующих элементов. Европий относится к РЗЭ, способным образовывать устойчивые ионы в степени окисления +2. Спектроскопические свойства ионов

двухвалентных РЗЭ в расплавах хлоридов щелочных металлов практически не исследованы, а информация, встречающаяся в научной литературе, отрывочна и, зачастую, противоречива. Настоящая работа была нацелена на получение информации об оптических свойствах ионов двухвалентного европия в расплавах на основе хлоридов щелочных металлов различного катионного состава.

Была проведена регистрация электронных спектров поглощения разбавленных растворов дихлорида европия в различных солях–растворителях – эвтектической смеси NaCl–KCl–CsCl в интервале 823–1123 К и эквимольной смеси NaCl–KCl при температурах 1023 и 1123 К. Все электронные спектры поглощения были получены впервые. В работе была разработана методика получения хлоридных расплавов содержащих ионы двухвалентного европия посредством восстановления трихлорида европия. По результатам измерений были рассчитаны коэффициенты молярного поглощения хлоридных ионов двухвалентного европия в исследованном интервале температур для использованных солей-растворителей.

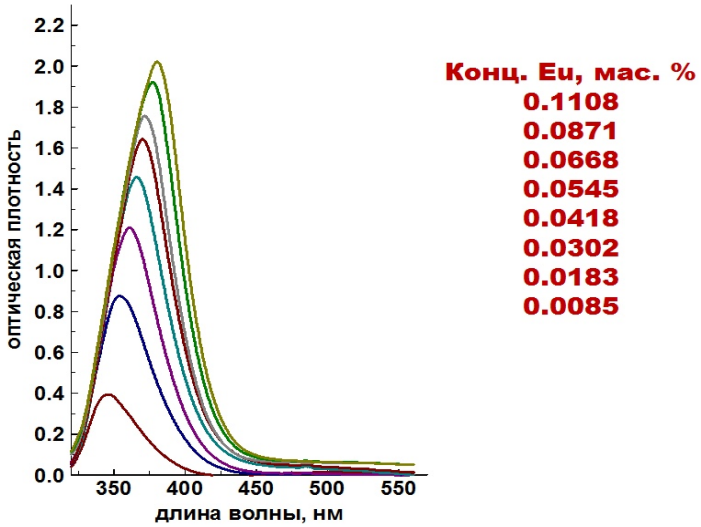


Рис. 1. Электронные спектры поглощения разбавленных растворов дихлорида европия в эвтектической смеси NaCl–KCl–CsCl при 823 К

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОСАЖДЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ ПО РАЗМЕРАМ И ФОРМУ ЧАСТИЦ ПОРОШКОВ ГИДРОКСИДОВ И ОКСИДОВ ЦИРКОНИЯ

Косых А.С.[1], Буйначев С.В.[1], Машковцев М.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: KosykhAnastasiya@yandex.ru

THE INFLUENCE OF PRECIPITATION CONDITIONS ON THE PARAMETERS OF SIZE DISTRIBUTION AND PARTICLE SHAPES OF HYDROXIDE AND OXIDE ZIRCONIUM POWDERS

Kosykh A.S.[1], Buinachev S.V.[1], Mashkovtsev M.A.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

The study is focused on the influence of precipitation conditions on the properties of hydroxide and oxide zirconium powders. Samples were precipitated at a constant pH from 3 to 9 in nitrate, chloride and acetate solutions. It was found that the pH of the isoelectric point for zirconium hydroxide.

Диоксид циркония применяется при изготовлении электроизоляционных изделий, вакуумной техники, глушителей эмали, режущих элементов, шлифовальных и полирующих материалов [1], огнеупоров, конструкционных деталей [2]. Для получения изделий с различными заданными свойствами необходимо синтезировать твердые растворы ZrO_2-Y_2O_3 с заданными свойствами, определяемыми сферой применения материала.

Целью работы являлось изучение влияния природы аниона соли циркония и pH осаждения на свойства гидроксида и диоксида циркония.

Осаждение вели в реакторе путём двухпоточной непрерывной подачи раствора хлорида, ацетата или нитрата циркония с концентрацией по (ZrO_2+Y_2O_3) 150 г/л (7 масс. % Y_2O_3) и 5 % раствора аммиака в реакционный объём при поддержании постоянного значения pH и непрерывном перемешивании. Осаждение проводили при pH = 3-7 единиц для хлоридного и нитратного и 7-9 – для ацетатного раствора. По окончании осаждения из нитратного и хлоридного растворов производилось доведение pH суспензии до 8 для количественного осаждения $Y(OH)_3$. После осадки отделяли от раствора, сушили 24 ч на воздухе и 10 ч при 80 °C, обжигали 2 ч при 1000 °C. В процессе осаждения, после сушки и обжига определяли размеры и морфологию частиц методами лазерной дифракции и оптической микроскопии, соответственно.

Найдено, что постоянное значение pH среды и природа аниона соли циркония определяют характер роста, морфологии и поведения частиц гидроксида циркония в ходе осаждения. Частицы, осаждённые из хлоридного при pH = 6,

нитратного при pH = 3; 6 и ацетатного растворов при pH = 7; 8,5; 9, за время осаждения показывают незначительный рост размеров, имеют неровные края, склонны к агрегированию в водном растворе. Частицы, осаждённые из хлоридного и нитратного растворов при pH 4; 5 и ацетатного при pH 7,5; 7,8; 8, за время осаждения показывают значительный рост размеров, имеют близкую к сферической форму, не агрегируют. Частицы, осаждённые из хлоридного раствора при pH 3 и 7, нитратного при pH 7, за время осаждения уменьшаются в размерах. Частицы оксидов, полученные из хлоридного раствора при pH 3 и 7, нитратного при pH 3; 6; 7 и ацетатного при pH 7; 7,5; 7,8; 8,5; 9, склонны к агрегированию и спеканию.

Наблюдаемые закономерности были объяснены на основании теории электрокинетической стабилизации частиц: для нитратных и хлоридных при pH осаждения 3; 6; 7, а также ацетатных при pH 7; 8,5 и 9 растворов циркония для продуктов гидролиза характерна значительная специфическая адсорбция ионов из раствора, приводящая к образованию ДЭС и повышению агрегационной устойчивости и подавлению роста частиц. Исходя из динамики роста, сохранения размеров при термообработке можно сделать вывод, что pНИЭТ для гидроксида циркония в случае получения из хлоридного и нитратного растворов находится на уровне 5,0, а для ацетатного – 8,0. Результаты могут быть использованы для получения узкодисперсного порошка диоксида циркония, частично стабилизированного иттрием, с контролируемыми размерами и формой частиц.

6. Блюменталь У.Б. Химия циркония – М.: Изд-во иностранной литературы (1963)
7. Заводинский В.Г., Чибисов А.Н. О стабильности кубического диоксида циркония и стехиометрических наночастиц диоксида циркония // Физика твердого тела. 2006. том 48. Вып. 2.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ ПОСЛЕ ИТЕРКАЛЯЦИИ СЛОИСТЫХ ГИДРОКСИДОВ РЗЭ

Козлова Ю.А.[1], Гордеев Е.В.[1], Данилов Д.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: kobuko57@rambler.ru

APPLICATION DETERMINE THE CONCENTRATION OF SODIUM DODECYL SULFATE AFTER INTERCALATION OF LAYERED REM HYDROXIDES

Kozlova J.A.[1], Gordeyev E.V.[1], Danilov D.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Determination sodium dodecyl sulfate was applied for solution before intercalation of layered REM hydroxides. Method was prolonged for highly concentrated solution (10-70 g/l).

Наличие уникальных оптических свойств позволяет использовать редкоземельные элементы для изготовления люминесцентных пленок. Основа процесса производства заключается в приготовлении коллоидных растворов основных солей с последующим расслаиванием слоистых гидроксидов. Чтобы облегчить процесс расслоения, необходимо увеличить межслоевое пространство. Для того, чтобы подобрать для этого оптимальные условия, необходимо оценить глубину интеркаляции по додецилсульфату натрия.

Для определения додецилсульфата натрия используются методы: флуориметрии и спектрофотометрии.

В данной работе проводилось определение додецилсульфата натрия при помощи спектрометра Lambda 35. Диапазон длин волн от 350 нм до 800 нм, ширина щели 1 нм, скорость сканирования 480 нм/мин.

Была проведена работа по получению градуировочной зависимости для подготовки к работе по определению додецилсульфата натрия. Метод основан на экстракции из пробы хлороформом ионных пар анионных поверхностно-активных веществ с красителем (акридиновый желтый) и определении концентрации АПАВ по оптической плотности полученного экстракта спектрофотомерией[1].

Данный метод реализован в ГОСТ Р 51211-98 «Вода питьевая. Методы определения содержания поверхностно-активных веществ». Однако работает только в диапазоне концентраций 0,015 - 0,25 мг/л.

Растворы для проведения интеркаляции имеют концентрацию 45 г/л, то есть необходимо разбавление в более чем 1000 раз, что приводит к погрешности в результатах анализа.

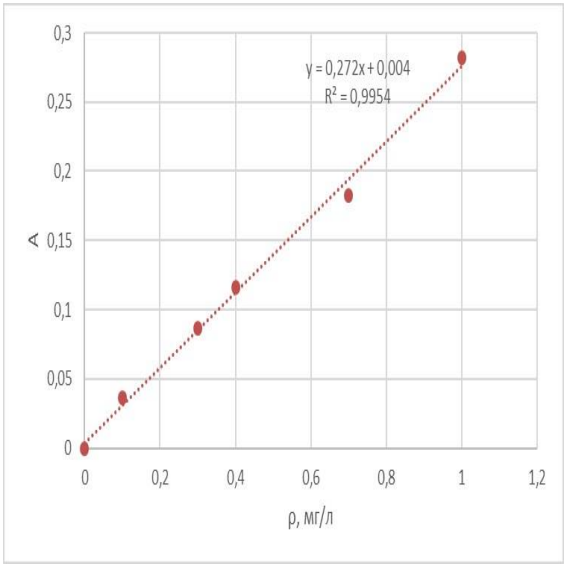


Рис.1 Градуировочная зависимость для додецилсульфата натрия.

Поэтому необходимо разработать метод проведения анализа из концентрированных растворов. Известно, что при концентрации большей ККМ(критической концентрации мицеллообразования) образуется мицеллярный раствор. Внутренняя гидрофобная часть способна экстрагировать гидрофобные вещества.

Таким образом, можно ввести жирорастворимый краситель и с помощью спектрофотометрии определить объем мицеллярной фазы, которая связана с содержанием додецилсульфата натрия в системе.

В данный момент проводится поиск оптимального жирорастворимого красителя.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-00188).

1. ГОСТ Р 51211-98 «Вода питьевая. Методы определения содержания по-верхностно-активных веществ»

ПОЛУЧЕНИЕ СПЛАВОВ «АЛЮМИНИЙ-МАГНИЙ-ИТТРИЙ» И «МАГНИЙ-АЛЮМИНИЙ-ИТТРИЙ»

Крылосов А.В.[1], Ребрин О.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента Б.Н. Ельцина
E-mail: 2131987@mail.ru

PRODUCTION OF ALUMINUM-YTTRIUM AND MAGNESIUM-YTTRIUM ALLOYS

Krylosov A.V.[1], Rebrin O.I.[1]
[1)] Ural FederalUniversity, Ekaterinburg, Russia

Preparation of aluminum-magnesium-yttrium and magnesium-aluminum-yttrium ternary alloys as an alternative to aluminum-yttrium and magnesium-yttrium alloys has been considered. The idea was confirmed that the addition of magnesium and aluminum to alloys based on aluminum and magnesium respectively.

Тройные сплавы «алюминий-магний-иттрий» и «магний-алюминй-иттрий» являются альтернативой сплавам «алюминий-иттрий» и «магний-иттрий». В настоящее время, как известно, двойные сплавы с иттрием получают прямым сплавлением металлического иттрия с алюминием и магнием, который обладает высокой себестоимостью, в связи с применением индивидуальных металлов.

Альтернативой прямому сплавлению компонентов является процесс проведения высокотемпературных обменных реакций с одновременным сплавообразованием. Этот способ свободен от таких недостатков прямого сплавления компонентов, таких как: высокая температура проведения процесса, на 400 – 500 ^{0}C превышающая температуру плавления индивидуального металла, в следствие чего высокий расход компонентов и повышенная коррозия конструкционных материалов, наличие большого числа возгонов, высокая себестоимость. Данный способ описан в [1].

Согласно [2] алюминий и магний образуют целый ряд интерметаллических соединений (ИМС) в диапазоне температур 430 – 450 ^{0}C, что позволяет сделать вывод о том, что процесс можно вести при низкой температуре, около 500 ^{0}C. При этом стоит учитывать, что температура плавления солевой композиции лежит выше 650 ^{0}C, а алюминий является более плавким, чем магний. При получении тройного сплава на основе магния необходимо повысить температуру плавления примерно до 800 ^{0}C, что позволяет получить более равномерный шарообразный слиток сплава.

Опыты проводили, задавая иттрий в виде безводного трифторида с добавками фторида натрия, с целью понизить температуру плавления солевой композиции. С этой же целью добавляли эквимольную смесь хлоридов натрия и калия.

Согласно [3], эффективность проведения высокотемпературной обменной реакции с алюминием составляет менее 40 %. Чтобы повысить прямой выход иттрия в сплав стоит добавить щелочноземельный металл, в данном случае магний.

В ходе проведения исследований были получены тройные сплавы: «алюминий-магний-иттрий» и магний-алюминий-иттрий» на основе алюминия и магния соответственно.

Добавки магния в алюминиевый сплав, а также алюминия в магниевый сплав не превышали 5 % (мас.).

Был проведен качественный рентгенофазовый анализ полученных сплавов, который позволил определить, какие ИМС образуются при проведении высокотемпературной обменной реакции.

В случае с получением сплава на основе алюминия образовались следующие фазы: Al (мет.), Al_3Y. При этом добавка металлического магния, которая использовалась для повышения выход иттрия в сплав, не обнаруживается рентгенофазовым анализом, что говорит о полном использовании магния на процесс восстановления иттрия.

В случае с получением сплава на основе алюминия образовались следующие фазы: Mg (мет.), Al_2Y, $Al_{12}Mg_{17}$.

Содержание иттрия в сплаве «алюминий-магний-иттрий» было получено следующее:

- сплав на основе алюминия:

Al – 88,11 % (мас.), Mg – 0,14 % (мас.), Y – 11,75 (мас.).

- сплав на основе магния:

Mg – 89,25 % (мас.), Al – 1,19 % (мас.), , Y – 9,56 (мас.).

1. Иванов В.А., Крылосов А.В. и др., Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия, 2, 54 (2005).

2. Лякишев Н.П. и др. Диаграммы состояния металлических систем. Т.1, Машиностроение (1996).

3. Скачков В.М., Яценко С.П. , Цветные металлы, 3, 22 (2014).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛАНТАНА И УРАНА В СПЛАВАХ С ГАЛЛИЕМ И ЦИНКОМ

Куликова А.С.[1], Дедюхин А.С.[1], Щетинский А.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента Б.Н. Ельцина
E-mail: shura_kulikova@mail.ru

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE THERMODYNAMIC PROPERTIES OF LANTHANUM IN ALLOYS WITH GALLIUM AND ZINC, URANIUM WITH GALLIUM AND ZINC

Kulikova A.S.[1], Dedyukhin A.S.[1], Schetinsky A.V.[1]
[1)] Ural FederalUniversity, Ekaterinburg, Russia

The temperature dependences of the solubility and activity of lanthanum and uranium in these alloys in the temperature range 573-1073K were obtained and the temperature dependences of the activity coefficient of lanthanum and uranium in Ga-Zn alloys in the indicated temperature range were calculated

Одним из перспективных способов переработки облученного ядерного топлива (ОЯТ) являются пирохимические процессы с использованием систем «жидкометаллический сплав-солевой расплав». Для разработки и проектирования технологии переработки с использованием таких систем необходимы сведения о термодинамических свойствах компонентов облученного ядерного топлива (ОЯТ) в жидкометаллических сплавах.

В данной работе объектом исследования выступали жидкометаллические системы на основе эвтектического сплава галлий-цинк, содержащие лантан и уран. В литературе имеются сведения о термодинамических свойствах лантана в эвтектическом сплаве галлий-цинк [1] и урана в эвтектическом сплаве галлий-цинк [1]. Однако данные о четырёхэлементных системах U-La-Ga-Zn неполны.

В данной работе методом отбора проб определена растворимость лантана и урана в сплавах U-Ga-Zn и La-Ga-Zn соответственно, в температурном интервале 573 - 1073 К и оценены коэффициенты активности лантана в трехэлементной системе U-Ga-Zn.

1. Volkovich V. A. Activity of Lanthanum in Zn-Containing Alloys: La–Zn, La–U–Zn, and La–U–Ga–Zn Systems [Text] : published in Rasplavy / Volkovich V. A., Mal’tsev D. S., Raguzina E. V., Dedyukhin A. S., Shchetinskii A. V., Yamshchikova L. F., - 18.07.2018,- No. 1, pp. 36–40.

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ В ПОЧВЕ НА СОРБЦИЮ ЦЕЗИЯ И СТРОНЦИЯ

Куликова М.А.[1], Белоконова Н.В.[1], Воронина А.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Физико-технологический институт, кафедра Радиохимии и Прикладной экологии, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: marinakulikova25@gmail.com

INFLUENCE OF THE CONTENT OF HUMIC ACIDS IN THE SOIL ON THE CESIUM AND STRONTIUM SORPTION

Kulikova M.A.[1], Belokonova N.V.[1], Voronina A.V.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Institute of Physics and Technology, Department of Radiochemistry and Applied Ecology, Yekaterinburg, Russia

The content of humic acids and the sorption ability of two types of soils with respect to cesium and strontium were studied. It was shown that Cs-137 and Sr-90 are better absorbed by loamy soil. The distribution coefficient of strontium in the soil was 89 ml/g, cesium - 4800 and 29 ml/g.

Исследование закономерностей поглощения радионуклидов цезия и стронция почвами имеет важное значение для разработки методов реабилитации радиоактивно-загрязнённых почв, выявления закономерностей миграции радионуклидов на загрязнённых и реабилитированных территориях, оценки изменения биодоступности радионуклидов.

Перенос радионуклидов в почве будет определяться составом и сорбционной способностью почв, водным режимом, а также процессами выщелачивания радионуклидов из почвы в почвенный раствор. Сорбционная способность почв зависит не только от состава содержащихся в почве минеральных частиц, но и от содержания гумусовых веществ. Особую роль гумусовые вещества играют в изменении биодоступности радионуклидов, так как растения могут поглощать как ионные формы радионуклидов, так и связанные в гуматные комплексы.

В работе исследовали сорбционную способность 2 типов почв, обладающих различным содержанием гуминовых кислот, по отношению к радионуклидам Cs-137 и Sr-90. Гранулометрический состав почв исследовали на лазерном дифракционном анализаторе гранулометрического состава Analysette 22 MicroTec plus. ИК спектры образцов почв получали на ИК-КР спектрометре Vertex-70 с приставкой RAM-II фирмы Bruker, Германия. Гуминовые кислоты в образцах определяли по методу Кулльманна и Фрейтага путём экстракции 0,5% раствором NaOH, количественное определение проводили по методу Вельте [1].

Исследование кинетики сорбции цезия почвой показало, что сорбционное равновесие достигается за 168 часов. Поэтому изотермы сорбции цезия и

стронция получали из водопроводной воды для времени сорбции 1 неделя. Наиболее высокой сорбционной способностью обладала суглинистая почва с более высоким содержанием гуминовых кислот. На рис. 1 представлены изотермы сорбции цезия и стронция суглинистой почвой.

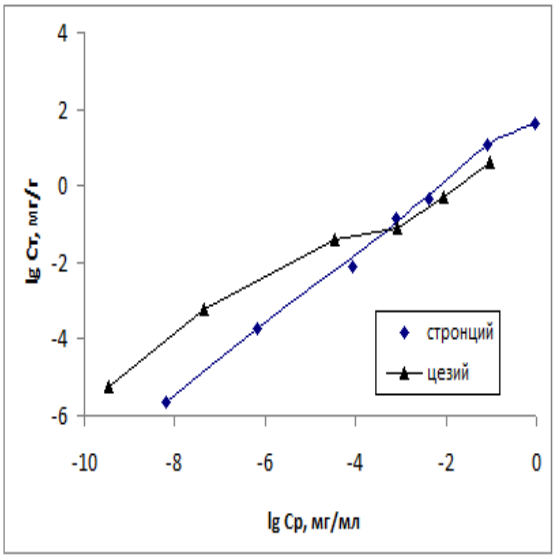


Рис. 1. Изотермы сорбции цезия и стронция суглинистой почвой

Изотерма сорбции стронция линейна на интервале концентраций 0,00001–100 мг/л. Равновесный коэффициент распределения стронция почвой составляет 89 мл/г. Изотерма сорбции цезия имеет выраженные 2 линейных участка, что говорит о присутствии в почве 2 типов сорбционных центров, характеризующихся коэффициентами распределения цезия 4800 и 29 мл/г.

1. М. С. Гиляров. Методы почвенно¬-зоологических исследований. М.: издательство «Наука». 1975.

СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИРОДНЫМ И ГРАНУЛИРОВАННЫМ ГЛАУКОНИТОМ

Кутергин А.С[1], Недобух Т.А[1]

[1)] УрФУ, Екатеринбург, Россия
E-mail: a.s.kutergin@urfu.ru

SORPTION TREATMENT OF SURFACE WATERS FROM HEAVY METALS BY NATURAL AND GRANULATED GLAUCONITE

Kutergin A.S[1], Nedobukh T.A[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

It has been established that the dynamic exchange capacity of granular glauconite is not inferior to the natural mineral in cations of iron, zinc, copper, but it is preferable to use granular mineral in water treatment schemes

Очистка поверхностных вод от тяжелых металлов является одной из важных экологических задач.

Многие природные воды содержат в концентрациях более высоких, чем предусмотрено стандартами ряда стран. Содержание железа в воде выше 1-2 мг/л значительно ухудшает органолептические свойства, придавая ей неприятный вяжущий вкус, и делает воду малопригодной для использования даже в технических целях. Различные формы железа являются основными загрязнителями питьевой воды. Ионы и также являются техногенными загрязнителями вод. Их избыточные концентрации оказывают неблагоприятное воздействие на растительные и животные организмы.

Наиболее эффективно и рентабельно для очистки использование сорбционных методов и экологически безопасных сорбентов на основе природных алюмосиликатов.

В представленной работе объектом исследования был выбран Каринский природный глауконит. Для обеспечения возможности применения глауконита в процессе водоочистки разработана технология его гранулирования методом экструзии.

Испытания проводили в динамических условиях, моделирующих возможные условия применения сорбента в качестве загрузки фильтровальных установок. Оценивалась динамическая объемная емкость (ДОЕ) материалов. Моделью фильтра была стеклянная хроматографическая колонка. Объем загрузки сорбента (к.о.) составлял 9 мл, масса загрузки – 10 г. Скорость фильтрации – 10-12 к.о./час. В качестве исходного раствора использовали водопроводную воду, в которую добавляли извлекаемый загрязнитель до концентраций, превышающих ПДК в n раз. Определение содержания тяжелых металлов в растворах проводили по стандартным методикам и ГОСТам.

При использовании в качестве загрузки природного глауконита после пропускания 600 к.о. скорость фильтрации значительно уменьшилась и для продолжения исследования колонку пришлось промывать противотоком. В результате в последующие фракции фильтрата происходил вброс извлекаемой примеси. В дальнейшем концентрация компонента в фильтрате снижалась до значений перед промывкой. В свою очередь, загрузка фильтра гранулятом позволила сохранить параметры фильтрования на протяжении всего эксперимента. В целом, сорбционные характеристики материалов по отношению к тяжелым металлам близки.

Примесь	ПДК в воде, мг/дм^3	Введено в исходный раствор, C_0,мг/дм^3	Глауконит гранулированный				Глауконит природный			
			Пропущено раствора, к.о.	Концентрация в фильтрате $C_{ср}$, мг/ дм^3	ДОЕ, мг примеси / г сорбента, не менее	Коэффициент очистки	Пропущено раствора, к.о.	Концентрация в фильтрате, $C_{ср.}$, мг/ дм^3.	ДОЕ, мг примеси / г сорбента, не менее	Коэффициент очистки
Fe	0,3	1,3	2720	0,23	3,09	5,65	1965	0,39	1,18	3,33
Zn	5,0	24,8	482	13,7	4,82	1,81	623	10,9	4,88	2,28
Cu	1,0	9,2	572	3.91	19,15	4,85	547	5,10	9,08	4,28
		30	700				428			

Рис. 1. Результаты экспериментов по оценке сорбционной способности по отношению к тяжелым металлам

Выводы. Выявленные возможности гранулированного глауконита позволят использовать его для загрузки фильтрационных установок в схемах очистки природных вод от тяжелых металлов – железа, цинка, меди, и подготовки питьевой воды к потреблению населением.

1. Кутергин А.С., Никифоров А.Ф., Воронина А.В., Недобух Т.А. Водное хозяйство России, №10, С. 75-84, (2010)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ И ТЕПЛООБМЕНА В АППАРАТЕ КОНВЕРСИИ

Хомяков А.П.[1], Морданов С.В.[1], Лавров А.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: a.s.lavrov@urfu.ru

MODELING OF PROCESSES OF DISTRIBUTION OF A SOLID PHASE AND HEAT EXCHANGE IN A CONVERSION DEVICE

Khomyakov A.P.[1], Mordanov S.V.[1], Lavrov A.S.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Investigation of the processes of distribution of the solid phase and unsteady heating of the reaction mass in the conversion apparatus with various ways of organizing the circulation of technological environments.

На основе разработанной ранее математической модели [1] и выполненных работ по моделированию процессов перемешивания осадка в реакторе конверсии, были исследованы процессы распределения твердой фазы и нестационарного нагрева реакционной массы в аппарате конверсии с различными способами организации циркуляции технологических сред.

Численное моделирование проводилось для двух вариантов организации циркуляции раствора в аппарате: с циркуляционным насосом и без него.

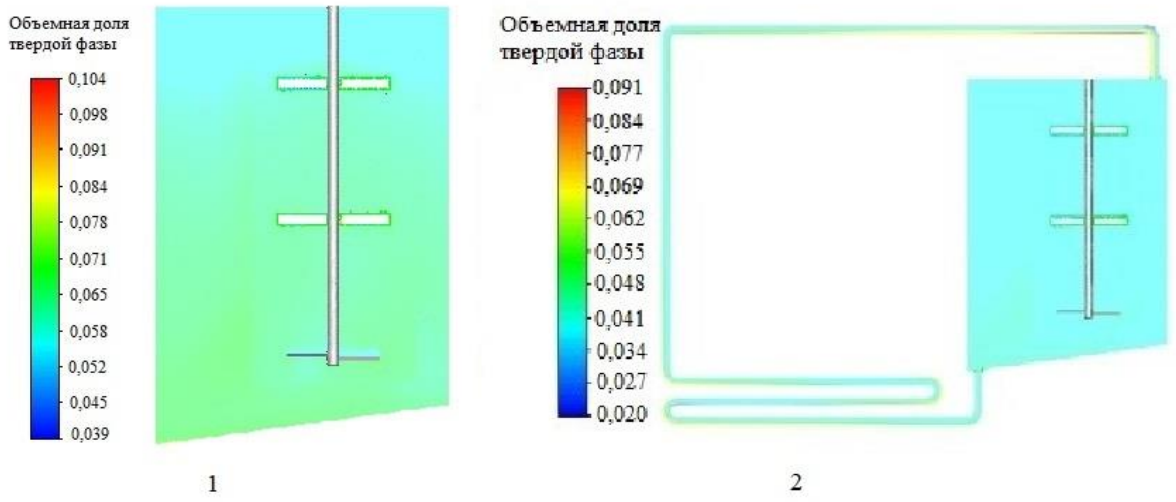


Рис. 1. Распределение объемной доли твердой фазы в аппарате: 1 - без циркуляционного насоса; 2 –с циркуляционным насосом

Результаты моделирования показали, что неравномерность распределения твердой и жидкой фаз в аппарате без циркуляционного насоса составили 55,2% и 4 % соответственно. В случае организации циркуляции раствора в аппарате с

помощью циркуляционного насоса неравномерность распределения твердой и жидкой фаз составили 23,9% и 1,2% соответственно.

Результаты представлены на рисунке 1.

В результате исследований: установлено, что массообменные процессы и химические реакции в аппарате конверсии лимитируются конвективной стадией; конвективная стадия, в свою очередь лимитируется неравномерностью распределения твердой фазы в объеме реактора. Получены температурные поля раствора в объеме аппарата на различных стадиях процесса подготовки к конверсии. Показано, что использование циркуляционного насоса позволяет снизить неравномерность распределения твердой фазы в объеме аппарата конверсии более чем в два раза.

1. A. S. Lavrov, A. P. Khomyakov, S. V. Mordanov and V. A. Nikulin, VI Information School of Young Scientists: Collection of scientific papers (Central Scientific Library of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, 2018), p. 217.

СЕРНОКИСЛОТНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ УРАНА ИЗ ТВЕРДЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ КОНВЕРСИОННОГО УРАНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Наливайко К.А.[1], Липатова М.Е.[1], Конькова А.В.[1],
Титова С.М.[1], Скрипченко С.Ю.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: nalivayko.k.a@gmail.com

SULFURIC ACID LEACHING OF URANIUM FROM SOLID RADIOACTIVE WASTE OF URANIUM PRODUCTION

Nalivaiko K.A.[1], Lipatova M.E.[1], Konkova A.V.[1], Titova S.M.[1], Scripchenko S.Yu.[1]

[1)] Ural Federal University

The process of leaching of uranium from radioactive waste using sulfuric acid is investigated. It has been established that with an increase in the process temperature and an excess concentration of acid in the leach solution, the degree of uranium extraction increases to 98%.

В результате работы конверсионного уранового производства неизбежно образуются твердые радиоактивные отходы. В шламохранилищах предприятий накапливается значительное количество урансодержащего шлама, который является потенциальным вторичным источником урана для производства топлива для АЭС. Одним из наиболее экономически целесообразных способов извлечения

урана из твердых РАО конверсионного уранового производства на сегодняшний день видится выщелачивание [1].

В данной работе представлены результаты выщелачивания урана из шлама (0,093% U) растворами серной кислоты с концентрацией 60-200 г/л. Процесс проводили при Т:Ж = 1:4, в интервале температур 20-80 °С и при постоянном перемешивании (300 об/мин). По окончанию процесса выщелачивания пульпу фильтровали на установке вакуумной фильтрации. Продуктивные растворы (ПР) и пробы нерастворимого остатка анализировали методом ICP-MS на содержание урана и примесных элементов. Также определяли фазовый состав кека.

Согласно результатам исследований, проведение процесса выщелачивания урана из донного осадка шламохранилища растворами серной кислоты (80-120 г/л) при комнатной температуре обеспечивает степень извлечения урана 75-87%. Содержание урана в продуктивном растворе составляет не более 0,206 г/л.

С увеличением температуры процесса и избыточной концентрации серной кислоты в выщелачивающем растворе степень извлечения урана из шлама возрастает. Проведение процесса сернокислотного выщелачивания урана из твердых РАО при избыточном содержании H_2SO_4 свыше 60 г/л и температуре 80 °С обеспечивает степень извлечения урана 97-98%. При этом его содержание в продуктивном растворе составляет 0,24-0,30 г/л, а расход серной кислоты – 235-320 кг/т сухого осадка.

По данным исследований, при сернокислотном выщелачивании урана масса нерастворимого остатка составляет порядка 80-90% от массы исходного шлама. Согласно результатам рентгенофазового анализа, кек состоит из $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (76-94%), $CaCO_3$ (2,5-3%), CaF_2 (до 16%) и оксида кремния двух модификаций (суммарно 1-5%).

Метод сернокислотного выщелачивания урана характеризуется низкой селективностью. В продуктивном растворе наблюдается высокое содержание Mg (2,0-2,6 г/л), Al (0,69-1,1 г/л), Fe (0,95-1,6 г/л), Si (0,3-2,1 г/л), S (0,97-3,9 г/л), Ca (0,53-0,79 г/л) и F (1,4 г/л). При этом с ростом концентрации выщелачивающего реагента увеличивается степень перехода примесных элементов в ПР, что осложняет дальнейший процесс переработки данных растворов и приводит к снижению частоты конечного концентрата урана.

1. Youlton, B.J., Minerals Engineering, Vol. 52, P. 62-73, (2013)

NOVEL APPROACHES FOR SEPARATION AZEOTROPIC MIXTURES USING DEEP EUTECTIC SOLVENTS

Liubichev D.A.[1], Shishaeva L.M.[1], Samarov A.A.[1], Prikhodko I.V.[1]

[1)] Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia
E-mail: dmitrylyubichev@gmail.com

This work presents the investigation of using DES formed by choline chloride and glycerol or urea as extraction media for separation azeotropic mixtures of ethanol, n-propanol and n-butanol with corresponding esters.

Deep eutectic solvents (DES), which are a new class of solvents, relating to ‘green chemistry’ area, present a wide range of possible applications for different tasks [1]. Their superior characteristics likewise biodegradability, a low vapor pressure and sustainability give the certainty that DES are able to substitute toxic organic solvents in both industrial processes and laboratory experiments.

There is no doubt that separation of chemical substances (particularly, close-boiling components) sometimes is not available using conventional methods like distillation. For instance, binary alcohol — ester systems are azeotropic mixtures and their separation takes an extractive distillation method consuming a lot of energy and utilizing organic solvents. They have its inherent drawbacks such as high recovery cost, toxicity and high volatility. On the other hand, DES is not only a ‘green’ solvent, but also allows to change the properties in accordance with the specific objectives [2] and overcome negative aspects of conventional technology. Moreover, DES open the perspectives for ester-based second-generation biofuels and all-new fuel additives for gasoline.

This work continues the investigation of liquid-liquid equilibrium of DES choline chloride - dibasic carboxylic acids / glycerol in alcohol-ester systems [3,4]. Herein we consider DES formed by choline chloride and glycerol or urea as extraction media for separation azeotropic mixtures of ethanol, n-propanol and n-butanol with corresponding esters. Tie-lines were obtained at temperatures 293.15 K and 313.15 K and atmospheric pressure. The compositions of coexisting organic and DES phases are determined by 1H NMR-spectroscopy. The extraction performance was characterized with distribution coefficients and values of selectivity for used alcohols.

This study was supported by the Council on grants of the President of the Russian Federation (grant MK-1288.2020.3). The experimental work was facilitated by the equipment of Magnetic Resonance Research Centre at St. Petersburg State University.

1. Smith, E. L., Abbott, A. P. & Ryder, K. S. Chem. Rev. 114, 11060–11082 (2014).
2. Tang, B., Zhang, H. & Row, K. H. J. Sep. Sci. 38, 1053–1064 (2015).
3. Samarov, A. A., Smirnov, M. A., Toikka, A. M. & Prikhodko, I. V. J. Chem. Eng. Data 63, 1877–1884 (2018).
4. Samarov, A., Shner, N., Mozheeva, E. & Toikka, A. J. Chem. Thermodyn. 131, 369–374 (2019).

СОВМЕСТНАЯ ПЕРЕРАБОТКА КОВШЕВОГО И ЭЛЕКТРОПЕЧНОГО ШЛАКА: ОСНОВЫ БЕЗОТХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Шешуков О.Ю.[1, 2], Михеенков М.А.[1], Лобанов Д.А.[1], Егиазарьян Д.К.[1, 2], Некрасов И.В.[1, 2], Овчинникова Л.А.[2]

[1)] Институт Металлургии Уральского отделения Российской Академии Наук
[2)] Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
E-mail: summerdanny@Yandex.ru

EAF AND LF SLAG CO-PROCESSING: BASICS OF WASTELESS TECHNOLOGY

Sheshukov O.Y.[1, 2], Mikheenkov M.A.[1], Lobanov D.A.[1], Egiazaryan D.K.[1, 2], Nekrasov I.V.[1, 2], Ovchinnikova L.A.[2]

[1)] Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
[2)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin

The paper presents the study of the possibility of wasteless co-processing of electric furnace and ladle furnace slag. The work demonstrates that such processing allows to obtain two commercial products, pig iron and Portland cement clinker.

Предпосылкой для проведения работы стало то, что большое количество шлаков продолжает складироваться на шлаковых отвалах предприятий, и при этом содержать в себе материалы, пригодные для их полной утилизации и получением из них ценных продуктов. Имеющиеся технологии переработки предлагают лишь частичную утилизацию таких шлаков, что, в свою очередь, также ведет к постепенному разрастанию площадей, занимаемых этими отходами, и негативно сказывается на экологической обстановке возле металлургических предприятий и на общей экологической обстановке в стране.

Цель работы заключалась в том, чтобы найти способ совместной безотходной переработки ковшевого и электропечного шлаков, один из которых не имеет схем и технологий по своей полной переработке. Полученный способ должен быть безотходным, экономически выгодным и технологически реализуемым.

В ходе работы на основе анализа составов металлургических шлаков, литературных данных и математических расчётов, была выявлена область наиболее оптимальных составов шлаков, при достижении которых возможна реализация разработанной технологии. При проведении научных экспериментов, заключавшихся в составлении смесей шлаков, их лабораторных плавках с замерами вязкости и межфазного натяжения, а также в последующем рентгенофазовом анализе полученных шлаков, данные из этой области подтвердились и получили однозначные и точные значения.

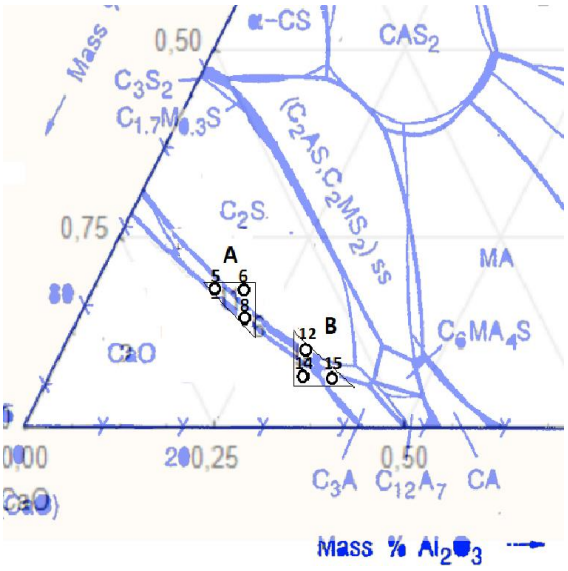


Рис. 1. Полученная область оптимальных составов шлаков для получения клинкера на тройной диаграмме CaO-Al_2O_3-SiO_2

По итогам исследования получены заключения, подтверждающие возможность переработки ковшевого и электропечного шлака таким образом, чтобы оба отхода были полностью утилизированы, а также чтобы из них были получены два товарных продукта – передельный чугун и портландцементный клинкер, соответствующие требованиям нормативных документов [1-5]. На основе сделанных выводов предложена технологическая схема переработки шлаков, которая может быть реализована на металлургическом предприятии. Таким образом, из полностью утилизированного материала можно получить новое качественное сырье, что позволяет сэкономить материалы и ресурсы и привести к сокращению площади отвалов, занимаемых данными металлургическими отходами.

1. Sheshukov O. Yu. The opportunity of silicate product manufacturing with simultaneous pig iron reduction from slag technogenic formations [text] / O. Y. Sheshukov, M. A. Mikheenkov, I. V. Nekrasov, D. K. Egiazaryan, D. A. Lobanov // AIP Conference Proceedings 4. Сер. "Physics, Technologies and Innovation, PTI 2017: Proceedings of the IV International Young Researchers' Conference". – 2017.

2. Шешуков О. Ю. Технологические особенности комплексной переработки шлаков сталеплавильной отрасли в товарные продукты [текст] / О. Ю. Шешуков, М. А. Михеенков, И. В. Некрасов, Д. К. Егиазарьян, Д. А. Лобанов, Л. А. Овчинникова // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2017. – Т. 1. – С. 87-90.

3. Михеенков М. А. Шлаковые техногенные образования как материал для получения силикатных товарных продуктов и чугуна [текст] / М. А. Михеенков, Д. А. Лобанов, О. Ю. Шешуков // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. – 2018. – Т. 6. – № 1. – С. 46-51.

4. Sheshukov O. Yu. Correction of the metallurgical slag phase composition in the process of reduction roasting [text] / O. Y. Sheshukov, M. A. Mikheenkov, I. V. Nekrasov, D. K.

Egiazaryan, D. A. Lobanov // Book of Abstracts of the 16th IUPAC High Temperature Material Chemistry Conference (HTMC-XVI). – 2018. – P. 183.

5. Шешуков О. Ю. Особенности формирования шлаков черной металлургии возможные пути улучшения технологии металлургического передела и комплексной переработки шлаков [текст] / О. Ю. Шешуков, М. А. Михеенков, И. В. Некрасов, Д. К. Егиазарьян, Д. А. Лобанов, В. В. Метелкин // Сборник трудов XV Международного Конгресса Сталеплавильщиков. – 2018. – С. 462-467.nov // Solid State Phenomena. 2018 – V. 284. – P. 1119-1126.

СОРБЦИЯ ХЛОРИДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПАЛЛАДИЯ (II), ПЛАТИНЫ (IV) И ЗОЛОТА (III) СУЛЬФОЭТИЛИРОВАННЫМ ПОЛИАЛЛИЛАМИНОМ

Лопунова К. Я.[1], Алифханова Л.М.к.[1], Петрова Ю. С.[1], Неудачина Л.К.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: lopunova.97@mail.ru

SORPTION OF PALLADIUM (II), PLATINUM (IV), AND GOLD (III) CHLORIDE COMPLEXES BY SULFOETHYLATED POLYALLYLAMINE

Lopunova K. Ya.[1], Alifkhanova L.M.k.[1], Petrova Yu.S.[1], Neudachina L.K.[1]

[1)] Ural Federal University

The effect of acidity on the sorption of chloride complexes of noble metal ions by sulfoethylated polyallylamine was studied. It was shown that a sorbent with a maximum degree of modification of 1.0 allows the selective extraction of gold (III) and palladium (II) in the presence of platinum (IV).

Благодаря своим уникальным свойствам благородные металлы используются в различных областях промышленности. В связи с этим в настоящее время развиваются технологии извлечения данных металлов из различных объектов с помощью сорбционных методов разделения и концентрирования. Перспективными материалами для этих целей являются комплексообразующие сорбенты на основе аминополимеров. Одной из таких матриц является полиаллиламин.

Целью работы являлось изучения влияния кислотности среды на селективность сорбции хлоридных комплексов ионов палладия (II), платины (IV) и золота (III) сульфоэтилированным полиаллиламином, сшитым эпихлоргидрином, со степенями модифицирования 0.5 и 1.0 (СЭПАА 0.5 СЭПАА 1.0, соответственно) в статических условиях. Сорбент синтезирован в ИОС УрО РАН путем полимераналогичных превращений полиаллиламина под руководством к.х.н. А.В. Пестова.

Изучение влияния кислотности среды проводили в статических условиях методом ограниченного объема с последующим определением ионов металлов на атомно-эмиссионном спектрометре iCAP 6500. Исходная концентрация ионов палладия (II), платины (IV) и золота (III) составляла $1 \cdot 10^{-4}$ моль/дм^3.

По полученным данным строили зависимости сорбции хлоридных комплексов ионов металлов от pH. Рассчитывали значения сорбции (ммоль/г) и степени извлечения ионов металлов. Установлено, что для СЭПАА 0.5 извлечение палладия (II), платины (IV) и золота (III) практически не зависит от кислотности раствора. В условиях эксперимента палладий и золото извлекаются количественно, в то время как степень извлечения платины не превышает 78 %. При повышении степени сульфоэтилирования полиалилламина до 1.0 устойчивость комплексных соединений функциональных групп сорбента с ионами металлов уменьшается, вследствие чего уменьшается степень их извлечения (рис. 1).

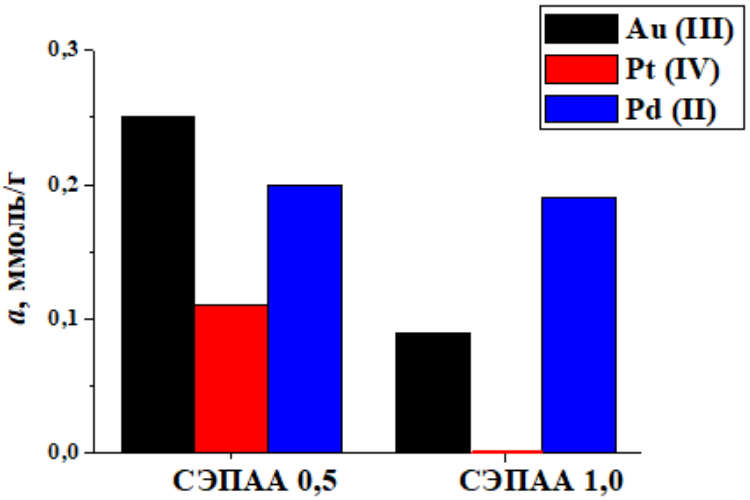


Рис. 1. Влияние степени сульфоэтилирования полиаллиламина на сорбцию палладия (II), платины (IV) и золота (III) при pH 4.0

В наибольшей степени этот эффект реализуется для платины(IV): сорбентом с максимальной степенью сульфоэтилирования данный ион практически не извлекается. Таким образом, СЭПАА 1.0 может быть рекомендован для селективного отделения палладия (II) и золота (III) от платины (IV).

Изучена десорбция платины (IV), золота (III) и палладия (II) с поверхности СЭПАА. Установлено, что количественная десорбция палладия (II) достигается при использовании 3.5 М HCl, золота (III) и платины (IV) – солянокислого раствора тиомочевины.

Работа выполнена при финансовой поддержке постановления № 211 Правительства Российской Федерации, контракт № 02.A03.21.0006

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОТДЕЛЕНИЮ ЖЕЛЕЗА, НИКЕЛЯ, КОБАЛЬТА, МЕДИ ОТ СЕЛЕНА И ТЕЛЛУРА

Майорова А.В.[1, 2], Бардина М.Н.[1, 2]

[1)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: imeturoran@mail.ru

STUDY ON SEPARATION OF IRON, NICKEL, COBALT, COPPER FROM SELENIUM AND TELLURIUM

Maiorova A.V.[1, 2], Bardina M.N. [1, 2]

[1)] Institute of Metallurgy of UBRAS,Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

For the first time is given a new approach to solve the problem of separation of Se, Te from matrix elements Fe, Ni, Co, Cu. A method for determining the content of selenium and tellurium with separation of Fe, Ni, Co and Cu was developed by ISP-AES.

С учетом требований экологической безопасности и технико-экономической эффективности имеется необходимость в разработке новых методик одновременного определения низкого содержания стратегически значимых редких и рассеянных элементов Se и Te с использованием современного оборудования. Основными критериями при этом должны быть: экспресность, минимальные материальные затраты, трудозатраты, время, простота в исполнении. Разработка ИСП-АЭС методики определения малых количеств Se и Te является достаточно сложной задачей, так как данные элементы имеют плохую чувствительность определений из-за высоких потенциалов возбуждения их спектральных линий. Требуется предварительное отделение матрицы от аналитов.

Исследованы возможность разделения микропримесей Se и Te и макрокомпонентов Fe, Ni, Co, Cu осаждением последних с помощью щавелевогокислого натрия. Ингибирование соосаждения Se и Te при осаждении Fe, Ni, Co, Cu возможно с помощью введения определенного количества фтороводородной кислоты. Это приводит к уменьшению удельной поверхности и пористости осадков и ингибированию процесса соосаждения аналитов.

Для экспериментальной проверки эффективности применения найденных условий ингибирования процесса соосаждения Se и Te при отделении от Fe, Ni, Co, Cu использовали государственные стандартные образцы состава (концентрат медный – СОП 2371-94 (А2371х); файнштейн медно-никелевый – ГСО 9315-2009 (ФШТ-42); медь черновая – ГСО 7833-2000 (МЧ-9)).

Результаты одновременного АЭС-ИСП-определения Se и Te в стандартных образцах приведены в табл. Погрешность анализа рассчитывали как $t(0.95;4)s/\sqrt{n}$ где t – коэффициент Стьюдента (для двухстороннего распределения), равный 2.78

при количестве измерений n = 5 и доверительной вероятности P = 0.95, s – стандартное отклонение.

Стандартный образец	Se		Te	
	Аттестовано	Найдено	Аттестовано	Найдено
ГСО 7833-2000 МЧ-9	0.061±0.005	0.059±0.009	0.0203±0.0025	0.0197±0.0034
ГСО 9315-2009 ФШТ-42	0.0282±0.0007	0.0270±0.0045	-	-
СОП 2371-94 А2371х	0.038±0.001	0.039±0.004	0.005±0.001	0.005±0.001

Рис. 1. Результаты определения содержания селена и теллура в стандартных образцах методом ИСП-АЭС

Из данных рис. 1 видно, что аттестованные и найденные значения массовой доли Se и Te практически во всех случаях совпадают в пределах случайной погрешности. Разница между аттестованными и найденными значениями содержания Se и Te не превышает нормативов, приведенных в соответствующих ГОСТах 32221–2013, 31382-2009. Полученные результаты доказывают эффективность предложенной методики определения Se и Te при отделении от макроколичеств Fe, Ni, Co, Cu.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИМЕТ УрО РАН

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ Al - РЗЭ И Al - Sc СПЛАВОВ

Максимцев К.В.[1], Крылосов А.В.[1], Мухамадеев А.С.[1], Половов И.Б.[1], Чукин А.В.[2], Жиляков А.Ю.[3], Ребрин О.И.[1], Золотарев Д.А.[1]

[1)] Кафедра редких металлов и наноматериалов, физико-технологический институт, УрФУ
[2)] Кафедра теоретической физики и прикладной математики, физико-технологический институт, УрФУ
[3)] Кафедра термообработки и физики металлов, институт новых материалов и технологий, УрФУ
E-mail: k.v.maksimtsev@urfu.ru

SYNTHESIS AND STUDY OF THE PROPERTIES OF AL-REE AND AL-SC MASTER ALLOYS

Maksimtsev K.V.[1], Krylosov A.V.[1], Muhamadeev A.S.[1], Polovov I.B.[1], Chukin A.V.[2], Zhylyakov A.Y.[3], Rebrin O.I.[1], Zolotarev D.A.[1]

[1)] Department of Rare Metals and Nanomaterials, Institute of Physics and Technology, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Department of Theoretical Physics and Applied Mathematics , Institute of Physics and Technology, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[3)] Department of Heat Treatment and Physics of Metals, Institute of New Materials and Technologies Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

This paper presents studies related to the development of methods for producing aluminum alloys. The phase compositions of the obtained samples, their chemical composition, microstructure, and some physical properties are considered.

В современном активно развивающемся индустриальном мире различные отрасли производства, начиная с микроэлектронных компонентов до деталей аэрокосмической техники нуждаются в легких сплавах на основе Al, Mg, Ti с особыми прочностными характеристиками. Эти сплавы легируются редкоземельными элементами и скандием, тем самым изменяют микроструктуру сплавов, что позволяет расширить способы применения данных сплавов.

В настоящей работе рассмотрены различные физические свойства легких легированных мастер-сплавов их микроструктура и способы получения. Большинство мастер-сплавов, получаемых в настоящее время производятся методом прямого сплавления исходных чистых металлов, что в значительной степени влияет на их конечную стоимость. Однако, в более ранних исследованиях на примере мастер-сплава Al-Gd нами был разработан способ получения лигатур с помощью метода обменной реакции. В основе метода лежит реакция обмена между металлическим алюминием и фторидом редкоземельного элемента, растворенным в фоновом солевом расплаве на основе хлоридов калия и натрия с добавкой фторида натрия. Предварительные термодинамические расчеты систем Al – РЗЭ (РЗЭ = Gd, Nd, Ce, Dy) и Al – Sc с учетом сплавообразования подтвердили

возможность протекания реакции. Также опытным путем была получена зависимость степени извлечения легирующей добавки от температуры ведения процесса.

Структура и фазовый состав сплавов был исследован с помощью SEM, XRD, TGA, DSC методов. Данные полученные при исследовании образцов с разными концентрациями легирующего элемента полностью подтверждает существующие фазовые диаграммы. Основной фазой является интерметаллическое соединение состава Al_3Me, другие интерметаллические соединения встречаются реже, и их появление зависит от концентрации РЗЭ в изучаемом сплаве. Особое внимание было уделено не типичным или спорным составам интерметаллических соединений.

Отдельное внимание было уделено исследованию механических свойств. Выявлен ряд зависимостей механических свойств от содержания легирующей добавки, методики изготовления образца, способа разливки сплавов. Данные полученные в ходе исследования теплофизических свойств еще раз подтвердили наличие интерметаллических соединений с индивидуальными точками плавления соответствующим фазовым диаграммам.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЦИНКА ИЗ ПЫЛИ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Малышев А.С.[1], Юлдашбаева А.Р.[1], Дюрягин В.В.[1],
Кириллов Е.В.[1], Кириллов С.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет
E-mail: a.s.malyshev@urfu.ru

EXTRACTION OF ZINC FROM DUST OF FERROUS METALLURGY PRODUCTION

Malyshev A.S.[1], Yuldashbaeva A.R.[1], Diuriagin V.V.[1],
Kirillov E.V.[1], Kirillov S.V.[1]

[1)] Ural Federal University

In this paper, the extraction of zinc from ferrous metallurgy send dust with nitric and hydrochloric acid, as well as with a solution of ammonium chloride, is described. The maximum extraction rate of zinc was 98.45% using a solution of nitric acid of 100 g/l.

Ликвидация отходов предприятий на сегодняшний день это одна из важных задач для охраны окружающей среды. Пыль металлургических производств, содержащих цинк, может разноситься ветром и вызывать заболевания легких и глаз. Основная проблема переработки данного отхода заключается в сложности существующих пирометаллургических и гравитационных способах

обесцинковывания пыли. Использование этих методов подразумевает использование больших объемов реагентов, необходимость использования сложного оборудования с высокой коррозионной стойкостью. [1]

Доступной альтернативой предыдущим способам может стать гидрометаллургический метод извлечения цинка с применением различных выщелачивающих агентов [2]. Для изучения возможности выделения цинка из пыли была проведена серия опытов с использованием различных кислот при Т:Ж 1:5 – 1:10 (соляная и азотная), а также раствором хлорида аммония при комнатной температуре.

Раствор выщелачивания для всех опытов отфильтровывали. Фильтрат анализировали на содержание элементов с использованием масс-спектрометра NexION 350x.

По результатам проделанных экспериментов можно сделать вывод, что при нормальных условиях селективно извлечь цинк не получилось. Для достижения данной цели необходимо проводить выщелачивание при более жестких условиях (давление, температура, концентрация выщелачивающего агента).

HNO_3					
Условия опыта		Элементы			
Т:Ж	С, г/дм^3	Al	Ca	Fe	Zn
1:5	200	22,11	61,41	20,37	49,35
1:10	200	17,35	50,44	21,44	41,15
HCl					
Т:Ж	С, г/дм^3	Al	Ca	Fe	Zn
1:5	200	24,02	59,80	83,95	98,45
1:10	200	26,91	61,75	88,92	97,60
NH_4Cl					
Т:Ж	С, г/дм^3	Al	Ca	Fe	Zn
1:5	200	0,04	2,50	0,04	3,58
1:10	200	0,13	5,39	0,05	3,87

Рис. 1. Степень извлечения основных элементов при выщелачивании

1. Валавин В.С., Юсфин Ю.С., Подгородецкий Г.С. Поведение цинка в агломерационном процессе // Сталь. 1988. №4. С. 12 – 17.

2. Йан В., Стефан Я., Мичал Л. Извлечение цинка из отходов производства железа и стали традиционным выщелачиванием и с применением микроволнового излучения // Аста Монтанистиса Словаса. 2011. №16. С. 185-191.

3. Попов А. А. К вопросу проблемы утилизации цинксодержащей пыли сталеплавильных производств / А. А. Попов // Интернет-журнал «Науковедение». – 2015. – Т. 7, № 2.

ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦЕРИЙСОДЕРЖАЩИХ ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВОВ

Марьянова К.А.[1], Максут М.А.[1], Щетинский А.В.[1],
Дедюхин А.С.[1], Ямщиков Л.Ф.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: kseniamaryanova@mail.ru

POTENTIOMETRIC RESEARCHES OF CERIUM-CONTAINING CHLORIDE MELTS

Maryanova K.A.[1], Maksut M.A.[1], Schetinsky A.V.[1],
Dedyukhin A.S.[1], Yamshchikov L.F.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This work is devoted to potentiometric studies of cerium chloride melts. During the scientific project, two methods were used - the method of measuring equilibrium potentials and the method of potentiometry at zero current, which made it possible to obtain comparable data within the error.

Разработка и совершенствование технологических операций электролитического получения и рафинирования РЗМ требует всесторонних сведений о физико-химических характеристиках солевых расплавов, содержащих редкоземельные элементы, в частности электрохимических свойствах. Классическим методом измерения равновесных потенциалов РЗМ в расплавах является стационарный метод. Главным недостатком данного метода является большое время выдержки для получения достоверных данных. Нестационарные методы исследования свойств РЗЭ, такие как потенциометрический метод э.д.с., являются более экспрессными.

В данной работе были определены равновесные потенциалы пары Ce(III)/Ce методом квазистационарных потенциометрических измерений относительно хлоридсеребряного электрода сравнения в эквимольной смеси хлоридов натрия и калия в температурном интервале 1023 – 1123 К. Равновесный потенциал определяли, как точку перегиба начального горизонтального участка хронопотенциометрической кривой. Определение точки перегиба проводили в математическом пакете Advanced Graphed 2.2.

На основании данных о равновесных потенциалах были рассчитаны значения условных стандартных потенциалов пары Ce(III)/Ce относительно хлоридсеребряного и хлорного электродов сравнения в эквимольной смеси хлоридов натрия и калия в температурном интервале 1023 – 1123 К.

ПРОИЗВОДИТЕЛИ И ПОТРЕБИТЕЛИ ТЕХНОГЕННОГО УГЛЕРОДА: АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ УЛАВЛИВАЕМОГО CO_2 ДЛЯ СЫРЬЕВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Масленников Г.Е.[1], Назарова В.В.[1], Рыжков А.Ф.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: g26m12@gmail.com

MANUFACTURERS AND CONSUMERS OF TECHNOGENIC CARBON: ANALYSIS OF THE REQUIREMENTS FOR THE CHARACTERISTICS OF CAPTURED CO_2 AS A RAW MATERIAL

Maslennikov G.E.[1], Nazarova V.V.[1], Ryzhkov A.F.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

The paper reviews manufacturers and consumers of technogenic CO_2. CCUS promising energy technologies are identified by technical, economic and operational indicators. The bases and development dynamics of technogenic carbon potential consumers and their classification are determined.

Переход энергоустановок к низкоэмиссионной работе означает, что в перечень конечных продуктов начинает входить техногенный углерод, а представляющая собой сложный физико-химический процесс технология улавливания CO_2 становится ключом к обеспечению жизнеспособности угольной электрогенерации на экономически приемлемом уровне.

Целью данной работы является проведение аналитического исследования рынка производителей и потребителей CO_2, позволяющего сформулировать рамочные требования к вновь разрабатываемым энергетическим технологиям с системами CCUS (Carbon Capture Utilization and Storage).

Потенциальный рынок потребителей (в широком смысле) техногенного углерода включает два основных направления утилизации уловленного CO_2: геологическое или океаническое захоронение и промышленное использование, каждое из которых предъявляет к системам CCUS весьма чувствительные для энергетики требования по объемам, чистоте и давлению [1].

1. Геологические формации и мировой океан являются основным «потребителем» техногенного CO_2 [2]. Депонирование в них требует высоких давлений, чистоты и благоприятных реологических свойств закачиваемого флюида, а также поиска экономически приемлемых решений (примером чему служат проекты EOR/EGR в нефтегазодобывающей отрасли и отчасти проекты по извлечению метана из угольных пластов в угледобывающей промышленности – ECBM) [3].

2. В промышленности традиционно используют CO_2 из неэнергетических источников. Количество потребляемого здесь CO_2 составляет около 230 млн. тонн

CO_2 в год с практически нулевой динамикой (250 млн. тонн CO_2 в год к 2060 г.) [2]. Это составляет лишь ~2,5% от CO_2 угольной генерации, эмитирующей ~10 млрд. тонн CO_2 в год [4]. Этот прогноз основан на гипотетическом условии практически неограниченного доступа к подземным и другим хранилищам CO_2. При более реалистическом сценарии с существенной ограниченностью доступа к хранилищам промышленное применение CO_2 к 2060 г. сможет возрасти не более чем в ~3 раза (до 878 млн. тонн CO_2 в год) или до ~8% от CO_2 угольной генерации. Таким образом, по объемам эмиссии CO_2 угольная генерация многократно перекрывает потребности рынка промышленных потребителей CO_2.

Требования к чистоте потребляемого промышленностью CO_2 весьма жесткие – содержание примесей не должно превышать 5% для большинства химических и технологических процессов [1]. Это накладывает серьезные ограничения на применение простых методов выделения CO_2, и вынуждает рассматривать многоступенчатые или гибридные схемы улавливания CO_2 [5].

Распределение объемов потребления по рабочему давлению процесса переработки имеет сложный характер. Выявление весовых коэффициентов отдельных поддиапазонов давлений позволяет оценивать потенциал востребованности известных и вновь разрабатываемых способов выведения CO_2 из энергоустановок в промышленный сектор.

Детальная классификация потребителей техногенного CO_2, станет отправной точкой для разработки коммерчески привлекательной энергоустановки с системой CCUS.

1. Ho H-J., Iizuka A., Shibata E., Carbon Capture and Utilization Technology Without Carbon-Dioxide Purification and Pressurization: A Review on Its Necessity and Available Technologies, Industrial & Engineering Chemistry Research, 58(21), 8941–8954 (2019)

2. IEA, Putting CO_2 to Use, IEA Paris (2019)

3. Mac Dowell N., Fennell P.S., Shah N., Maitland G.C., The role of CO2 capture and utilization in mitigating climate change, Nature Climate Change, 7(4), 243–249 (2017)

4. IEA, CO_2 Emissions From Fuel Combustion 2019, IEA Paris (2019)

5. Chungang X., Xiaosen L., Jing C., Zhaoyang C., Hydrate-based carbon dioxide capture from simulated integrated gasification combined cycle gas, Journal of Natural Gas Chemistry, 21, 501–507 (2012)

ПРИМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ДОБАВОК ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ МЕЖФАЗНОЙ ВЗВЕСИ

Матюшина В.А.[1], Колмачихина О.Б.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: 11vika13@mail.ru

APPLICATION OF SURFACE-ACTIVE ADDITIVES AT PROCESSING OF INTERPHASE SUSPENSION

Matyushina V.A.[1], Kolmachikhina O.B.[1]
[1)] Ural Federal University

SX–EW technology gives the opportunity to get copper from ores, but it has several disadvantages, one of which is the formation of interphase suspension. Interphase suspension is not recycled, instead it is drained from the extractor and stored.

При жидкостной экстракции извлекаемое вещество избирательно переходит из водной фазы в органическую, а в результате последующей реэкстракции – из органической фазы в водный раствор, чем достигается концентрирование раствора и очистка от примесей. Межфазная взвесь («борода») – нежелательный продукт экстракции, представляющий собой стойкую студенистую суспензию, содержащую экстрагент и водный раствор [1]. Жидкие фазы при экстракции уходят из процесса, когда «бороду» откачивают из реактора.

Межфазная взвесь – это суспензия, содержащая по массе 86–90 % экстрагента, 2–20 % медесодержащего раствора и 2–10 % твердых частиц. Простые методы переработки суспензий оказались длительными и недостаточно эффективными, поэтому для переработки «бороды» нами было выбрано центрифугирование – процесс разделения суспензий под действием центробежных сил.

Для испытаний использовали лабораторную центрифугу марки MPW-310. В результате первого этапа исследований установили оптимальные условия центрифугирования: 5 мин при 5000 об/мин или 10 мин при 4000 об/мин, при которых получили максимально возможное разделение «бороды» на две фазы: органическую (экстрагент), и уплотненную твердую. Соотношение фаз в обоих случаях составило 43:57.

Для повышения эффективности центрифугирования было решено совместить коагуляцию и флокуляцию с центрифугированием.

На втором этапе предварительно в объем «бороды» добавили ПАВ различных объемов и концентраций. Для серии испытаний приняли объем пробы межфазной взвеси, равный 50 $см^3$. В качестве добавок использовали коагулянт POLYPACS-30 и флокулянты – полиакриламид АК-631 (ПАА); магнафлок 338; праестол; ACCOFLOCA95; ACCOFLOCN100S.

Диапазон объемов добавок: 1–2 см^3, концентраций – 0,5–1%. Варьируемые параметры центрифугирования - продолжительность (5 или 10 мин) и скорость вращения ротора центрифуги (5 или 4 тыс. об/мин).

После центрифугирования с использование добавок получили разделение «бороды» на 3 фазы, показанные на рисунке 1.

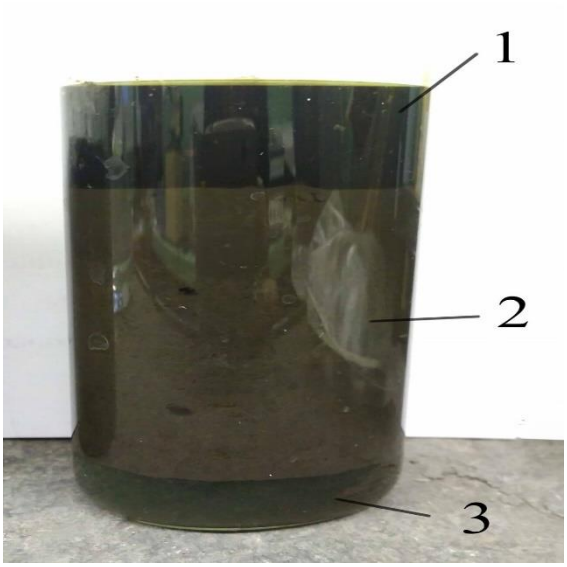


Рис. 1. Распределение фаз после центрифугирования: 1 – органическая фаза (экстрагент); 2 – уплотнённая твердая фаза; 3 – медьсодержащий раствор

Добавка 0,5 %-ного раствора ПАА или магнафлока в межфазную взвесь привела к выделению из взвеси медьсодержащего раствора, который удалось отфильтровать от основного количества суспензии. При центрифугировании остатка суспензии произошло его разделение на три фазы, таким образом получив дополнительное количество медьсодержащего раствора. Добавка 1 %-ного раствора разного объема POLYPACS-30 позволила без фильтрации получить 3 фазы после центрифугирования.

На основании проведенных исследований определили главный критерий – минимальный объем уплотненной твердой фазы, который составил 35,8 % после добавки 1 см^3 1 %-ного раствора POLYPACS-30 и центрифугировании при 5000 об/мин в течение 5 мин.

Проведенные эксперименты не позволили полностью разрушить межфазную взвесь, но добавление ПАВ для переработки «бороды» позволяет решить проблемы возвращения в оборот ценных составляющих – экстрагента и медьсодержащего раствора, а также сокращения количества межфазной взвеси, направляемой на утилизацию.

1. Процессы и аппараты цветной металлургии / под ред. С.С. Набойченко. – Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ УПИ, 2005. – 700 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ СУРЬМЫ (III) В СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРАХ

Маврин А.Е.[1], Маковская О.Ю.[1]

[1)] Уральский федеральный университет
E-mail: mavrin_ae@yahoo.com

STUDY OF SB(III) SORPTION BEHAVIOR IN SULFURIC ACID SOLUTIONS

Mavrin A.[1], Makovskaya O.[1]
[1)] Ural Federal University

The sorption behavior of Sb(III) ions in sulfuric acid solutions has been studied. It is shown that for all studied ionites an increase in antimony capacity with a decrease in sulfuric acid concentration was observed. The most promising is Purolite S985, whose antimony capacity is 32 mg/g.

Известно, что сурьма является вредным компонентом в электролите рафинирования меди. При анодном растворении черновой меди сурьма переходит в электролит и загрязненный электролит может захватываться катодным осадком, что ухудшает качество товарной продукции. Катанка, изготовленная из катодной меди с повышенным содержанием сурьмы, при дальнейшей обработке имеет повышенную ломкость, что приводит к обрывам проволоки. Кроме того, при электрорафинировании меди образуется так называемый «плавучий» шлам, также захватываемый катодным осадком.

В российской практике электролиза для подавления образования «плавучего» шлама иногда увеличивают расход поверхностно-активных веществ (желатин, тиомочевина). Однако это приводит к осложнению кинетики электрохимических процессов, ускорению пассивации анодов, увеличению концентрации серы в катодах [1].

Одним из способов уменьшения концентрации сурьмы в электролите является сорбция на селективных ионитах. Известно, что для сорбции сурьмы применяют фосфорсодержащие иониты [2, 3]

Для исследований использовали отработанный электролит Кыштымского медеэлектролитного завода следующего состава, г/дм^3: Cu - 54,2; H_2SO_4 - 160,6; Ni - 4,8; Sb - 0,45; As - 0,8; Fe - 0,2; Mg - 0,05; Zn - 0,05. Сорбцию проводили на следующих ионитах: КФП-12, КРФ-10п, Purolite S985. Иониты использовали в H^+ -форме. Концентрацию сурьмы в растворе определяли методом ААС.

Для всех изученных ионитов наблюдается возрастание емкости по сурьме при уменьшении концентрации серной кислоты. Максимальная емкость, проявленная ионитом Purolite S985 составила 32 мг/г. Десорбцию сурьмы вели раствором 6М соляной кислоты, степень десорбции достигала 94 %.

Исследование кинетики сорбции сурьмы (III) и влияния на скорость извлечения таких факторов, как интенсивность перемешивания раствора, размер зерен ионита, температура и состав электролита, показало следующее. Иониты макропористой структуры, близкие по фракционному составу (КФП-12, Purolite S985) проявляют большие скорости извлечения сурьмы из раствора, чем ионит гелевой структуры КРФ-10п. На кинетику сорбции влияют и структура сорбентов и состояние ионов сурьмы в растворе (заряд, состав и размеры иона).

1. Шульга Е. В., Юрьев А. И., Соловьев Е. М., Соловьева Н. Д. Оптимизация коллоидного режима в технологии электролитического рафинирования меди / Цветные металлы. 2017. №7. С. 26-29

2. Семушин А.М., Седова Г.И., Хмылев И.В. и др. Сорбция сурьмы из сернокислых растворов ионитами различного состава / Журнал прикладной химии. №5. 1989. С. 976-980

3. Новокшанова В.Н., Тимофеев К.Л., Краюхин С.А. Сорбционное извлечение сурьмы из медного электролита АО «Уралэлектромедь» / Сборник трудов Международной научно-проктической конференции «Современные тенденции в области теории и практики добычи и переработки минерального и техногенного сырья». Екатеринбург. 2019. С. 59-63

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА НА СОСТАВ И СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ КРЕМНИЯ

Медянкина И.С.[1], Пасечник Л.А.[1]

[1)] ФГБУН Институт химии твердого тела УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: pasechnik@ihim.uran.ru

INFLUENCE OF SYNTHESIS CONDITIONS ON THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF SILICON COMPOUNDS

Medyankina I.S.[1], Pasechnik L.A.[1]

[1)] Institute of Solid State Chemistry, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The fluorination of technogenic ores for selective extraction of silicon were carried out. Data on changes in the phase composition of raw materials, decomposition conditions of intermediate compounds, and the formation of Si-products with different properties were studied.

Наиболее используемым полупроводниковым материалом микроэлектроники является кремний, для которого в совершенстве отработаны методы получения. Однако такой кремний «солнечного» качества получают из исходно высокочистого сырья. Его мировое потребление достигает около 5-10%. Более масштабными направлениями использования кремнезема, где нет необходимости в высоком качестве исходного сырья и конечной продукции, являются производство резины, адсорбентов, катализаторов, жидкого стекла, продуктов парфюмерной и медицинской промышленностей, легированных сплавов (силумины, ферросилиций), строительных смесей и красок.

В ИХТТ УрО РАН проводятся исследования по переработке кремнеземсодержащего техногенного сырья для выделения аморфного диоксида кремния (кремнезема). Кислотное разложение, например, нефелинового сырья с последующим выделением SiO_2 при многоступенчатой очистке наталкивается на серьезный недостаток – гелирование кремневой кислоты в сильнокислых растворах в присутствии большого количества примесей. Для получения порошков аморфного кремнезема промышленное значение имеют методы синтеза высокодисперсных золей кремнезема. Одним из таких методов является воздействие на силикат натрия минеральными кислотами с образованием в растворе молекул метакремниевой кислоты, которые с течением времени полимеризуются до димеров и других более сложных агломератов. Образующиеся агломераты выпадают в виде микронных частиц, имеющих высокоразвитую мезо- и микропористую структуру.

В результате взаимодействия кремнийсодержащих отходов с гидрофторидом аммония были получены кремнийсодержащие растворы для гидролитического осаждения кремнийсодержащих продуктов. Метод спекания предусматривает

сублимацию гексафторосиликата аммония $(NH_4)_2SiF_6$ после взаимодействия реагента с сырьем и последующее улавливание сублимата водным раствором. Гидролитическое осаждение нейтрализацией в присутствии NH_4OH следует выделить в отдельную стадию, так как требуется постоянный контроль химической чистоты конечного продукта в присутствии примесных ионов, а также состава кремнийсодержащих продуктов и их структурных характеристик. Влияние условий осаждения на состав кремнийсодержащих продуктов обобщено на рисунке 1.

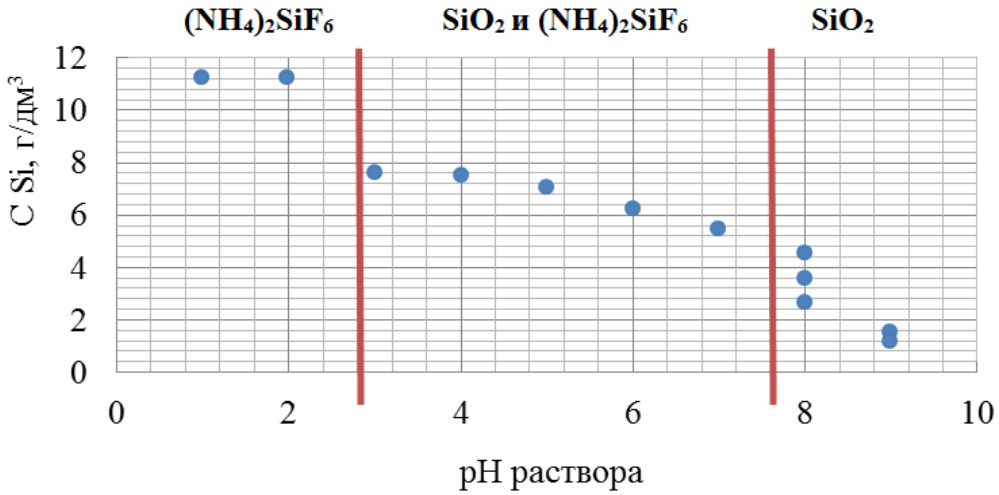


Рис. 1. Состав Si-продуктов в зависимости от концентрации Si и pH раствора

Из раствора поглощения гексафторосиликата аммония при фторировании кремнийсодержащих отходов (~45% SiO_2) при нейтрализации могут быть выделены $(NH_4)_2SiF_6$ и аморфный SiO_2 в зависимости от условий эксперимента. Снижение содержания кремния в исходном сырье (~20% SiO_2) привело к существенному снижению концентрации кремния в растворах, пригодных для извлечения целевого продукта. Из раствора фторирования низко кремнистого сырья может быть выделен только кремнезем. В присутствии примесей металлов содержание основного вещества в SiO_2 составило 98%. Площадь удельной поверхности кремнезема составила 320 $м^2/г$, рассчитанный диаметр частиц не превысил 10 нм. Предварительная очистка растворов и соблюдение условий синтеза необходимы для создания технологии переработки техногенного сырья.

Работа выполнена в соответствии с госзаданием и планами НИР ИХТТ УрО РАН

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ РУБЕАНАТА ПАЛЛАДИЯ (II) В РАСТВОРЕ ПАВ

Мельник Е.А.[1], Холмогорова А.С.[1], Неудачина Л.К.[1]

[1)] Уральский федеральный университет
E-mail: ea-melnik@mail.ru

STUDY OF THE CONDITIONS OF COMPLEXING DITHIOOXAMIDE COMPLEX OF PALLADIUM (II) IN SURFACTANT SOLUTION

Melnik E.A.[1], Kholmogorova A.S.[1], Neudachina L.K.[1]
[1)] Ural Federal University

This work is devoted to the study of the complexing in the system palladium (II) – dithiooxamide – alkylbenzene sulfonates using spectrophotometry. The effect of the acidity of the medium on the complexation and the ratio of the components of dithiooxamide: palladium (II) in complex were studied.

При закреплении групп рубеановодородной кислоты (РВК) на поверхности сорбента значительно расширяется круг сорбируемых элементов, что обусловлено свойством РВК образовывать внутрикомплексные соединения со многими ионами металлов. Данная группа сорбентов применяется для извлечения и определения ионов тяжелых и благородных металлов [1]. Несмотря на большую изученность сорбционных материалов с РВК, практически нет данных о составе, строении, условиях образования рубеанатов металлов.

Ранее нами были изучены комплексы рубеановодородной кислоты с ионами меди (II), никеля (II) и кобальта (II) [2]. Задачами настоящей работы являлись определение условий комплексообразования в системе палладий (II) – РВК – сульфонол, установление соотношения компонентов в комплексе и исследование кинетики образования внутрикомплексной соли.

Для подтверждения отсутствия побочных реакций между компонентами смеси дополнительно были сняты спектры поглощения смесей используемых растворов. Полученные результаты показали, что на спектрах отсутствуют дополнительные пики, кроме поглощения РВК и рубеаната палладия (II). Это указывает на то, что в анализируемом растворе побочные реакции не протекают.

При исследовании влияния кислотности среды на процесс комплексообразования установлено, что рубеанат палладия (II) образуется во всем исследуемом диапазоне pH. На спектрах светопоглощения наблюдается появление трех максимумов при длинах волн 350, 366 и 440 нм. Первый пик (λ = 350 нм) появляется в сильно щелочной среде, что может быть связано с присутствием в растворе гидроксокомплексов палладия (II), образующихся в ходе гидролиза иона металла. Второй и третий пики (λ = 366 нм; λ = 440 нм) одновременно и с соизмеримыми значениями оптической плотности присутствуют в растворах с pH от 4 до 6. При

pH 7–9 большую оптическую плотность имеет пик с максимумом 440 нм, в кислой среде более выражен пик при 366 нм.

Чтобы определить диапазон pH, соответствующий максимальному выходу комплексного соединения, была построена зависимость ΔA = f(pH) при λ = 440 нм. При pH = 4 наблюдается значительное увеличение значения оптической плотности, что свидетельствует о том, что ион металла в данных условиях связывается в комплекс в наибольшей степени. Область значений кислотности среды выше 5 рассматривать не имеет смысла т.к. согласно литературным данным [3] при pH > 6 происходит гидролиз ионов платиновых металлов. Дальнейшие исследования проводили при значении кислотности среды 4.

Исследование кинетики реакции между РВК и ионом металла показало, что равновесие в растворе рубеаната палладия (II) устанавливается на вторые сутки после смешения компонентов и максимальное значение оптической плотности сохраняется в течение последующих 24 ч.

Для определения соотношения компонентов в рубеанате палладия (II) использовали метод изомолярных серий. Определено, что состав полученного комплексного соединения отвечает соотношению 1:1 соответственно РВК и ионов палладия (II) (см. рисунок 1).

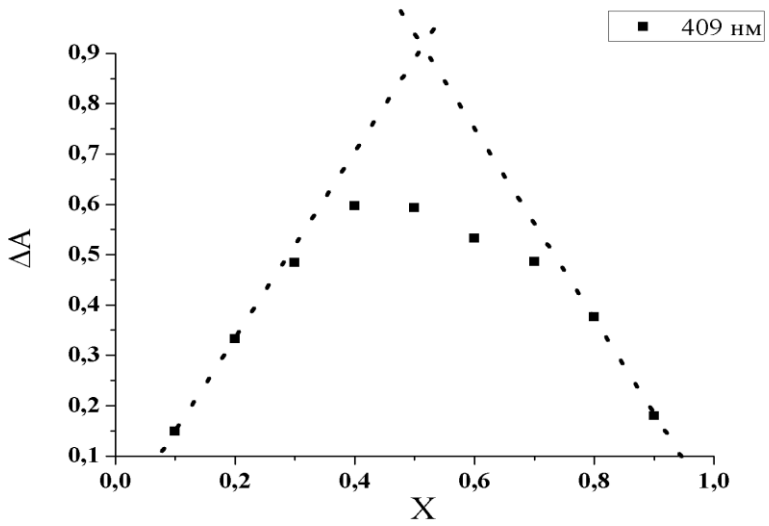


Рис. 1. Зависимость оптической плотности раствора от мольной доли РВК. pH = 4; P(сульфонол) = 5 %; λ = 409 нм

1. Холмогорова А. С., Неудачина Л.К., Пузырев И.С и др. Обменная емкость ионитов на основе полисилоксанов, модифицированных дитиооксамидными группами, по отношению к серебру (I), платине (IV) и палладию (II) // Журнал физической химии. – 2018. – Т. 92, № 11. – С. 1779–1785.

2. Демиденко Д. А., Мельник Е. А., Холмогорова А. С., Неудачина Л. К. Изучение комплексных соединений меди (II), кобальта (II) и никеля (II) с рубеановодородной кислотой спектроскопическими методами // Химия – XXI век сборник науч. трудов Региональной конференции по фунд. и прикл. химии, 9–11 декабря. – Ижевск : Изд. Удмуртского государственного университета, 2019. – С. 36–37.

3. Гинзбург С. И., Езерская Н. А., Прокофьева И. В. и др. Аналитическая химия благородных металлов. – М : Наука, 1964. – 616 с.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНА- КОМПЛЕКСООБРАЗОВАТЕЛЯ НА СОРБЦИЮ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ СУЛЬФОЭТИЛИРОВАННЫМ ПОЛИАМИНОСТИРОЛОМ

Мережникова О.И.[1], Алифханова Л.М.к.[1], Петрова Ю.С.[1], Неудачина Л.К.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: 9617704129@mail.ru

THE INFLUENCE OF ION CONCENTRATION OF COMPLEXING AGENTS ON THE SORPTION OF METAL IONS SULFATIROVANNE POLYAMINOSTYRENE

Merezhnikova O.I.[1], Alifanova L.M.K.[1], Petrova Y.S.[1], Neudachina L.K.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin

Complexing sorbents are currently widely used in the analysis of various environmental objects. Polyaminostyrene is one of the promising matrices for obtaining complexing sorbents. Sorption properties of sulfoethylated polyaminostyrene were studied.

Комплексообразующие сорбенты в настоящее время находят широкое применение в анализе различных объектов окружающей среды. Одной из перспективных матриц для получения комплексообразующих сорбентов является полиаминостирол. Ранее [1] изучена селективность сорбции ионов металлов сульфоэтилированным полиаминостиролом со степенью замещения атомов водорода аминогруппы 0.5 из аммиачно-ацетатных буферных растворов, содержащих эквимолярные количества посторонних ионов металлов. Изучение влияния концентрации иона-комплексообразователя на сорбцию ионов переходных металлов является актуальной задачей.

Целью работы является изучение сорбционных свойств сульфоэтилированного полиаминостирола со степенью замещения атомов водорода аминогруппы 0.5 (СЭПАС 0.5) путём получения изотерм сорбции меди (II), никеля (II), кобальта (II), кадмия (II) и магния(II) и проведение их анализа на соответствие известным теоретическим моделям: Ленгмюра, Фрейндлиха и Редлиха−Петерсона. Синтез и идентификация сорбента описаны в [1].

Исследование проводилось в статическом режиме с помощью метода ограниченного объёма. При приготовлении растворов использовался аммиачно-ацетатный буферный раствор с pH 6.0. Содержание иона металла в растворах до и после сорбции определяли методом атомно- абсорбционной спектроскопии на спектрометре Solaar M6.

Из полученных зависимостей видно, что в наибольшей степени из индивидуальных растворов СЭПАС 0.5 извлекаются медь (II) и никель (II). Путем обработки полученных зависимостей с помощью модели Ленгмюра определены значения статическая обменная емкость СЭПАС 0.5 по ионам меди (II), никеля (II), кобальта (II), кадмия (II), магния (II) и цинка (II), составившие 1.82, 1.75, 0.84, 0.82, 0.63 и 0.6 ммоль/г соответственно. Определен параметр kf, характеризующий сродство сорбента к ионам металлов. Ряд сродства СЭПАС 0.5 к исследуемым ионам в порядке уменьшения данного параметра выглядит следующим образом: Cu (II) > Ni (II) > Co (II) > Cd(II) > Zn (II) > Mg (II), что согласуется с результатами исследования селективности сорбции ионов металлов при их совместном присутствии в растворе [1].

Наилучшее соответствие между экспериментальными и теоретическими данными получено для модели Редлиха-Петерсона для всех ионов металлов. Данная модель объединяет в себе уравнения Ленгмюра и Фрейндлиха, а также используется для описания сорбции на энергетически неоднородных поверхностях. По отношению к ионообменным материалам химическая неоднородность поверхности может трактоваться как присутствие функциональных групп различной химической природы, характеризующихся различными термодинамическими константами обмена.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта Аспиранты, № 19-33-90081.

1. Alifkhanova L.M.k., Pestov A.V., Mekhaev A.V. [et al.], J. Environ. Chem. Eng. 7,1, (2019).

ЭКСПРЕССНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ В FLINAK

Меркучева К.А.[1], Данилов Д.А.[1], Половов И.Б.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: merkucheva_k@mail.ru

EXPRESS METHOD FOR THE DETERMINATION OF OXYGEN-CONTAINING COMPOUNDS IN FLINAK

Merkucheva K.A.[1], Danilov D.A.[1], Polovov I.B.[1]
[1)] Ural Federal University

To determine the products of the interaction of FLiNaK with air (water), the method of infrared diffusion reflection was applied. The possibility of creating an express methodology for determining the interaction products is shown.

FLiNaK – эвтектическая смесь солей фторидов щелочных металлов LiF-NaF-KF. Используется как теплоноситель в замкнутом топливном цикле, а также для переработки отработавшей топливной композиции жидкосолевого реактора (ЖСР) [1]. Главными достоинствами FLiNaK является сравнительно высокая растворимость актинидов, высокая температура кипения, высокая теплопроводность. При использовании FLiNaK в жидкосолевом реакторе необходимо строго контролировать содержание кислорода, так как вводимый уран UF_4 будет осаждаться в виде UO_2 это приведет к нарушению работы ЖСР. Особенности реального объекта анализа (содержащий высокоактивные ПД) не позволяют использовать большинство методов определения кислорода. Таким образом необходим по возможности дистанционный и экспрессный метод.

Этим требованиям удовлетворяет метод диффузионного отражения в ИК области. Метод основан на отражении светового потока, падающего на поверхность, при котором отражение происходит под углом, отличающимся от угла падения и лежащим не обязательно в плоскости падающего луча.

Анализ FLiNaK проводили на Фурье ИК спектрометре Nicolet Is10 с приставкой диффузионного отражения света Smart Diffuse Reflectance. При количестве спектров для усреднения: 64, разрешение: 4, усиление: 4, диапазон 4000-400 $см^{-1}$, в качестве фона использовали KBr. Порошок FLiNaK помещался в измерительную кювету в перчаточном боксе с инертной атмосферой, кювета устанавливалась в спектрометр, спектр начинали измерять незамедлительно. В исходной пробе и пробы после выдержки на воздухе определялось содержание кислорода методом высокотемпературной газовой экстракции на анализаторе Horiba EMGA-620W/C.

В снятых спектрах диффузионного отражения, были обнаружены следующие полосы: 3600-2919 $см^{-1}$, 2083-1992 $см^{-1}$, 1686-1624 $см^{-1}$, 1460-1400 $см^{-1}$, 1385-1295

$см^{-1}$. При выдержке на воздухе 3600-2919 $см^{-1}$, 2083-1992 $см^{-1}$, 1686-1624 $см^{-1}$, 1460-1400 $см^{-1}$, 1385-1295 $см^{-1}$ увеличивались, что связано с адсорбцией влаги воздуха исследуемой системой. Общее содержание кислорода контролировалось с использованием анализатора Horiba EMGA-620W/C.

Выдержка FLiNaK на воздухе в течении часа приводит к увеличению содержания массовой доли кислорода с 0,027% - 2,3%, при этом в спектрах произошли существенные изменения. Полосы 3600 - 2919 $см^{-1}$, 1686-1624 $см^{-1}$ изменились на 0,52; 0,689 единиц Кубелка-Мунк, соответственно. Рассчитали коэффициент пропорциональности между функцией Кубелка-Мунк и массовым содержанием кислорода - 0,32.

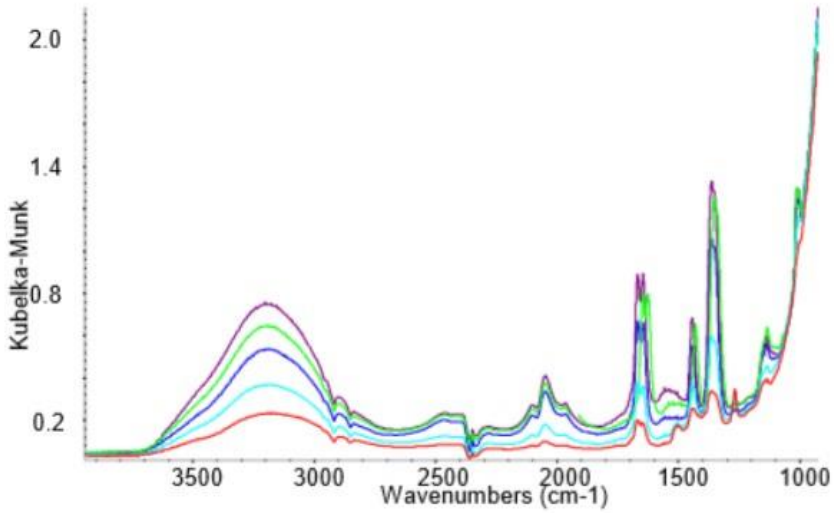


Рис. 1. Спектры инфракрасного диффузионного отражения при выдержке FLiNaK на воздухе

1. G.Zong, Z-B.Zhang, J-H.Sun, J-C. Xiao , Journal of Fluorine Chemistry,v.197, p.134-141,(2017)

ЭКСТРАКЦИЯ МЕДИ ИЗ РАСТВОРОВ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ACORGA M5774

Мубанга П.[1], Маковская О.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: paulmubanga123@gmail.com

COPPER EXTRACTION WITH ACORGA M5774 FROM UNDERGROUND LEACHING SOLUTIONS

Mubanga P.[1], Makovskaya O.[1]

[1)] Ural Federal University

The possibility of using the reagent ACORGA M5774 for the extraction of copper from solutions of underground leaching of the Gumeshevsky deposit is considered. Copper extraction indices depending on the ratio of the volumes of the aqueous and organic phases and pH of the solution were studied.

Жидкостная экстракция является одним из наиболее перспективных методов селективного извлечение металлов в гидрометаллургии, что связано с возможностью создания непрерывно работающих технологических схем, относительно простых в аппаратурном оформлении. Технология включает четыре основные стадии:

– выщелачивание меди в раствор H_2SO_4;
– экстракция меди в органическую фазу;
– реэкстракция меди с получением богатого реэкстракта – электролита;
– катодное осаждение меди из электролита.

Технология «подземное выщелачивание – жидкостная экстракция -электроэкстракция» реализована при разработке Гумешевского месторождения. Для экстракции меди используется экстрагент ACORGA M5774, представляющий собой модифицированный альдоксим (5-нонил салицилальдоксим). Для экспериментов применяли ACORGA M5774, разбавленный в гидрированном керосине при ОФ:ВФ=1:1. Для экстракции использовали модельный раствор, соответствующий типовому раствору подземного выщелачивания, г/дм^3: 1,5 Cu, pH 1,2-2,5. Для растворов выщелачивания Гумешевского рудника характерно отсутствие ионов Fe^{2+} и содержание $Fe_{общ}$ не превышающее 2 г/дм^3. Содержание меди в водном растворе определяли комплексонометрическим титрованием.

При экстракции меди молекулы экстрагента ACORGA образуют хелатные соединения. Процесс экстракции катионов меди ACORGA в общем виде представлен уравнением:

$2RH+Cu^{2}+ = R2Cu+2H^{+}$

Согласно данной реакции две молекулы оксима экстрагируют один ион меди и вытесняют в водный раствор два иона водорода.

Извлечение меди из органической фазы обратно в водную осуществляется по реакции за счет увеличения содержания H^+ путем добавки в смесь отработанного электролита с кислотностью 150–180 г/дм^3 и смещения равновесия реакции влево:

$$R_2Cu + 2H^+ = 2RH + Cu^{2+}$$

Экспериментально показано, что за три ступени экстракции из раствора с концентрацией 5,5 г/дм^3 при О:В=1:1 получен рафинат, содержащий 0,03 г/дм^3 меди.

Показано, что коэффициент разделения Cu:Fe достигает 3000. Концентрация меди в реэкстракте достигает 24 г/дм^3.

1. Пат. 19955881 Германия. Способ извлечения металлов / Шваб В., Кехл Р., Коппл Д.; опубл. 23.05.2001.

ОСАЖДЕНИЕ УРАНА И ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ КИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНСОДЕРЖАЩЕГО ШЛАМА

Наливайко К.А.[1], Муравлева А.М.[1], Абакумова Е.В.[1],
Титова С.М.[1], Скрипченко С.Ю.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: k.a.nalivaiko@yandex.ru

URANIUM PRECIPITATION FROM PRODUCTIVE SOLUTIONS OBTAINED BY ACID LEACHING OF URANIUM-CONTAINING SLUDGE

Nalivaiko K.A.[1], Muravleva A.M.[1], Abakumova E.V.[1],
Titova S.M.[1], Scripchenko S.Yu.[1]
[1)] Ural Federal University

Uranium concentrate was precipitated using ammonia, pH = 6.8-7.0, temperature 45-50 ºC. The concentrate obtained during the precipitation was studied by various physicochemical methods. It was found that concentrate consisted of $CaMg_2Al_2F_{12}$ (98.35%) and SiO_2 (1.65%).

Производство уранового топлива на предприятиях атомной промышленности в течение длительного времени, неизбежно ведет к накоплению значительных количеств урансодержащих РАО. После остановки предприятий переработка накопленных РАО является важной задачей, как с экологической так и с экономической точки зрения, так как подобные отходы являются потенциальными

источниками загрязнения прилегающих территорий, а также техногенными источниками урана для производства нового топлива.

Существует несколько способов извлечения урана из твердых РАО, одним из которых является выщелачивание с применением серной кислоты, как наиболее дешевого реагента [1]. Для последующего концентрирования урана из продуктивных растворов (ПР) в технологиях атомной промышленности широко используют осаждение растворами аммиака.

На предыдущем этапе исследований в ходе сернокислотного выщелачивания урана из твердых РАО конверсионного уранового производства были наработаны продуктивные растворы с содержанием целевого металла 0,2-0,3 г/дм^3. Целью данного этапа работы являлось получение концентрата урана из ПР за счет осаждения аммиаком.

Для нейтрализации наработанных в процессе выщелачивания продуктивных растворов использовали 25% водный раствор аммиака. Дозирование реагента-осадителя и ПР в реактор осуществляли при постоянном значении pH реакционной пульпы 6,8-7,0, температуре 45-50 ºС и интенсивном механическом перемешивании (200 об/мин). После выдержки пульпы в течение часа, осуществляли процесс фильтрации, промывки осадка и его дегидратации при температуре 120 °С. Полученные образцы концентрата урана были изучены с применением различных физико-химических методов анализа.

Согласно результатам исследований, в ходе нейтрализации ПР аммиаком образуется аморфный осадок бурого цвета с низкими седиментационными и фильтрационными характеристиками. Скорость фильтрации осадка по предварительным оценкам составляет не более 0,395 м^3/(м^3·ч).

В гранулометрическом составе концентрата присутствуют как неагрегированных частицы малого диаметра (0,04-6,00 мкм), так и большое количество крупных агрегатов (10-238 мкм).

Массовая доля урана в конечном продукте составляет 1,78%, при этом степень осаждения урана из продуктивных растворов – 99,73%, что указывает на количественное извлечение металла в фазу осадка. Наряду с ураном активно осаждается и фтор, степень осаждения которого составляет 79,66%.

Высокое содержание фтора в ПР обусловлено активным растворением фторида кальция на стадии сернокислотного выщелачивания, и является причиной образования аморфных смешанных фторидов кальция, магния и алюминия на стадии осаждения урана. Согласно результатам рентгенофазового анализа, полученный концентрат состоит из $CaMg_2Al_2F_{12}$ (98,35%) и SiO_2 (1,65%). Урансодержащие фазы в структуре осадка идентифицированы не были. Уран переходит в фазу осадка в результате вторичного процесса – соосаждения, которое реализуется за счет адсорбции урана развитой поверхностью аморфных частиц осадка.

1.McMaster, S.A., International Journal of Mineral Processing, Vol. 160, P. 58-67, (2017)

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТВЁРДЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ КОНВЕРСИОННОГО УРАНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Наливайко К.А.[1], Муравлева А.М.[1], Балдина А.С.[1],
Титова С.М.[1], Скрипченко С.Ю.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: k.a.nalivaiko@urfu.ru

PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOLID RADIOACTIVE WASTE OF URANIUM PRODUCTION

Nalivaiko K.A.[1], Muravleva A.M.[1], Baldina A.S.[1],
Titova S.M.[1], Scripchenko S.Yu.[1]

[1)] Ural Federal University

A complex of physico-chemical studies of solid RAW of uranium production was carried out to determine the exact composition. It has been established that radioactive waste mainly consists of gypsum dihydrate, calcium carbonate, calcium fluoride, silicon dioxide.

Остановка конверсионных урановых производств приводит к необходимости ликвидации возникших за время эксплуатации предприятий шламохранилищ твердых радиоактивных отходов. На промышленных площадках в результате работы скапливаются большие объемы урансодержащего шлама, который может быть потенциальным вторичным источником урана для атомной промышленности.

Для определения целесообразности извлечения урана из отходов конверсионного уранового производства был произведен представительный отбор проб и проведены их исследования с применение различных физико-химических методов анализа.

Согласно результатам рентгенофлуоресцентного анализа, содержание урана в исследуемых образцах донного осадка шламохранилища находится в интервале 0,14-0,17%. Основу химического состава шлама составляют кальций (30%), сера (11%), фтор (6%), кислород (39%), углерод (2%), кремний (3%). Помимо данных элементов зафиксировано значительное содержание Mg (1,7%), Fe (0,8%), Al (0,6%) и Na (0,2%).

Влажность шлама составляет порядка 35%. По данным гранулометрического анализа средний диаметр частиц осадка – 34,6 мкм.

Согласно результатам рентгенофазового анализа (РФА), донный осадок шламохранилища преимущественно состоит из $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (45-50%), $CaCO_3$ (22-30%) и CaF_2 (10-15%). Кроме того, в составе шлама было обнаружено сложное гидратированное соединение, отвечающее по составу минералу таумаситу (7,7-10,3%), а также SiO_2 (4%). Поскольку РФА не показывает наличия соединений

урана можно полагать, что они либо составляют гетерофазную микропримесь, либо входят как компоненты твердого раствора на основе гипса.

ИК-спектры образцов шлама содержат характерные для $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ и $CaCO_3$ полосы поглощения, связанные с колебаниями молекул воды, сульфат-иона и карбонат-иона. Кроме того, присутствуют пики, относящиеся к колебаниям $[Si(OH)_6]^{2-}$, что подтверждает наличие в образцах таумасита. Фторид кальция благодаря своей спектральной характеристике в данном методе определен быть не может. Достоверно идентифицировать наличие полос поглощения SiO_2 в ИК-спектре также невозможно, так как они перекрываются полосами поглощения, характерными для карбоната и сульфата кальция, лежащие в тех же частотных областях.

Согласно результатам альфа-спектрометрического анализа, изотопный состав урана, содержащегося в шламе, в пределах погрешности соответствует нормальному изотопному составу природного урана.

Средние значения удельной активности образцов сухого осадка составляют 43 кБк/кг для суммарной α-активности и 45 кБк/кг для суммарной β-активности. Результаты гамма-спектрометрии показали, что радионуклидный состав шлама представлен дочерними продуктами распада урана-238: по 21 кБк/кг Th-234 и Pa-234. А также дочерними продуктами распада радия-226: порядка 2 кБк/кг Pb-214, Bi-214. Таким образом, данный материал относится к категории очень низкоактивных отходов.

Величина эффективной удельной активности природных радионуклидов в пробах влажного шлама составляет 1940±200 Бк/кг и обусловлена только наличием Ra-226.

1. Li, C.C., Materials Science Forum, Vol. 734-744, P. 186-192, (2013)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ДВУХ СРЕД В ОБЪЕМЕ АППАРАТА

Хомяков А.П.[1], Морданов С.В.[1], Наськина Д.Р.[1], Хомякова Т.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: dilay1909@mail.ru

THE HYDRODYNAMICS MODELING OF TWO MEDIA MIXING IN APPARATUS

Khomyakov A.P.[1], Mordanov S.V.[1], Naskina D.R.[1], Khomyakova T.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The numerical simulation results of the process media hydrodynamics in the deposition of ammonium polyuranate cascade first apparatus are presented. The suspensions volume fractions distributions and a solution of carbon ammonium salts in the reactor volume are obtained.

Проведены исследования гидродинамики раствора углеаммонийных солей и суспензии в объеме реактора осаждение полиуранат аммония действующей технологической установки. Исследование проводили с использованием методов вычислительной гидродинамики при помощи программного обеспечения Ansys Fluent. Для численных расчетов гидродинамики в аппарате использовалась многофазная модель Маннинена (модель смеси) [1] и стандартная k-epsilon модель турбулентности [2].

Для первого аппарата каскада получено распределение скоростей и объемных долей технологических сред при различных режимах работы перемешивающего устройства (правое и левое вращение): 450 об/мин, 600 об/мин, 750 об/мин, 900 об/мин, 1050 об/мин.

Анализ результатов исследования показал, что при перемешивании наблюдается идентичный характер распределения потоков скоростей и неравномерное распределение концентраций углеаммонийных солей в объеме реактора вне зависимости от режима работы перемешивающего устройства. Существенный изменение распределений скоростей технологических сред прослеживается только вблизи вала и лопастей мешалки. В следствии чего, наблюдается существенная неоднородность распределения концентраций углеаммонийных солей и времени пребывания образовавшихся частиц полиуранат аммония в объеме первого аппарата каскада.

Таким образом, из проведенного исследования следует, что для равномерного распределения суспензии в объеме аппарата необходимо изменить конструкцию оборудования и подобрать подходящий режим работы для перемешивающего устройства.

1. Manninen M. On the Mixture Model for Multiphase Flow / M. Manninen, V._Taivassalo. – Espoo : Technical Research Center of Finland, VTT Publications, 67 p. (1996)
2. Авраменко М.И., О k–ε модели турбулентности, РФЯЦ – ВНИИТФ (2010).

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ВИСМУТСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ СО СТРУКТУРОЙ ШЕЕЛИТА НА ОСНОВЕ $CaMoO_4$ И $SrMoO_4$

Никитина А.А.[1], Михайловская З.А.[1], Князев Н.С.[1],
Малкин А.И. [1], Коротков А.Н.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Россия.
E-mail: Nik17alena@inbox.ru

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF BISMUTH-CONTAINING COMPOUNDS WITH SCHEELITE STRUCTURE BASED ON $CaMoO_4$ AND $SrMoO_4$

Nikitina A.A.[1], Mikhailovskaya Z.A.[1], Knyazev N.S. [1],
Malkin A.I. [1], Korotkov A.N. [1]

[1)] Ural Federal University named after First President of Russia B.N. Yeltsin, 620002, Ekaterinburg, Russia.

The work is devoted to the study of synthesis processes, the boundaries of the region of existence and the study of solid solutions of strontium molybdate $SrMoO_4$ and calcium molybdate $CaMoO_4$, monosubstituted with bismuth or disubstituted with bismuth and vanadium.

В настоящее время материалы со структурой шеелита ($CaWO_4$) широко применяются в технике, что обеспечивается полифункциональностью их свойств, допускающих изготовление из них самых различных изделий, и морфологическим разнообразием порошков и керамики, позволяющих применять высокотехнологичные методы в процессах их изготовления. Так, среди шеелитоподобных соединений есть лазерные материалы, люминофоры, фотокатализаторы, СВЧ-диэлектрики, ионные проводники.

Данная работа посвящена шеелитоподобным соединениям на основе $SrMoO_4$ и $CaMoO_4$, замещенных висмутом или висмутом и ванадием и проявляющим диэлектрические и фотокаталитические свойства.

В настоящей работе синтезированы и исследованы монозамещённые составы: $Sr_{1-1.5x}Bi_x\square_{0.5x}MoO_4$, содержащие катионные вакансии □, и бизамещенные Sr1-xBixMo1-xVxO4 и $Ca_{1-x}Bi_xMo_{1-x}V_xO_4$ (без катионных вакансий), $Ca_{1-y-1.5x}\square_{0.5x}Bi_{x+y}Mo_{1-y}V_yO_4$ и $Sr_{1-y-1.5x}\square_{0.5x}Bi_{x+y}Mo_{1-y}V_yO_4$ (с катионными вакансиями).

Образцы синтезировались по стандартной керамической технологии в три стадии, температура повышалась ступенчато в диапазоне 823-923К через каждые 50К с выдержкой на каждой стадии 10 часов. После каждой стадии синтеза

проводили промежуточные перетирания, фазовый состав контролировали методом РФА.

В данной работе определены концентрационные границы областей гомогенности и границы существования полиморфных модификаций. Рассчитаны рентгеноструктурные характеристики замещенных молибдатов стронция. Проведен денситометрический анализ образцов, показано соответствие теоретической рентгеновской и экспериментально определенной плотности. Получены колебательные спектры соединений методами ИК и КР, установлен характер смещения полос поглощения. Изучена морфология и состав поверхности брикетов и порошков методами растровой электронной микроскопии и лазерного светорассеяния, установлено, что размер частиц порошков лежит в пределах 0.1-20 мкм. Электропроводность сложных оксидов исследована методом импедансной спектроскопии. С ростом концентрации допантов наблюдается модификация электропроводящих свойств сложных оксидов. Аттестованы диэлектрические характеристики порошков и керамики материалов в СВЧ-диапазоне. Установлено, что диэлектрическая проницаемость исследуемых образцов имеет слабую частотную зависимость, материалы характеризуются низким значением тагенса угла диэлектрических потерь и коэффициентами диэлектрической проницаемости в пределах 8-12, что, вместе с низкими температурами плавления керамики, благоприятно для материалов, потенциально применяющихся для LTCC (Low Temperature Co-fired Ceramics) технологий изготовления радокоммоникационного оборудования.

АНОДНОЕ РАСТВОРЕНИЕ СПЛАВОВ U-Pd И U-Pd-Nd В РАСПЛАВАХ 3LiCl–2KCl И 3LiCl–2KCl–UCl_3

Никитин Д.И.[1, 2], Половов И.Б.[1], Фофанов Г.Л.[1], Фурта А.П.[1], Волкович В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (УрФУ)

[2)] Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН

E-mail: house.freshone@yandex.ru

ANODIC DISSOLUTION OF U-Pd AND U-Pd-Nd ALLOYS IN 3LiCl–2KCl AND 3LiCl–2KCl–UCl_3 MELTS

Nikitin D.I.[1, 2], Polovov I.B.[1], Fofanov G.L.[1], Furta A.P.[1], Volkovich V.A.[1]

[1)] Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin

[2)] The Institute of High Temperature Electrochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Electrode processes of anodic dissolution of U-Pd and U-Pd-Nd alloys in 3LiCl–2KCl–UCl_3 melts were studied at different temperatures and concentrations using a variety of electrochemical techniques.

Электролитическое рафинирование ядерных материалов в расплавленных солевых электролитах, в частности в эвтектической смеси хлоридов лития и калия, является одним из возможных этапов пирохимической переработки облученного ядерного топлива. Целью рафинировочного электролиза является получение катодного осадка делящихся материалов при удержании благородных металлов в анодном осадке, при этом обеспечив концентрирование редкоземельных продуктов деления в электролите. Для определения параметров рафинировочного электролиза требуются сведения о термодинамических свойствах модельного ядерного топлива и особенностях электродных процессов с участием модельных сплавов на основе урана, содержащих благородные металлы и редкоземельные элементы.

Для определения диапазона возможных для практического использования анодных плотностей тока нами синтезированы модельные сплавы U–Pd и U–Pd–Nd с различной концентрацией неодима и палладия, изучены процессы их анодной поляризации в расплавах на основе 3LiCl–2KCl.

Показано, что наличие палладия в анодном материале не приводит к переходу его в электролит даже при содержании в аноде около 10 мас. %. Превышение плотностей тока свыше 1 А/см^2 нежелательно вследствие наложения сопутствующих электродных реакций.

Было определено, что увеличение концентрации неодима в сплаве приводит к плавному смещению потенциала в электроотрицательную сторону в расплавах 3LiCl-2KCl. Данный экспериментальный факт был ожидаем, он соответствует принципам формирования гальванических элементов в электролитах. Более

неожиданный результат получен в ходе измерения электродных потенциалов сплавов в урансодержащих расплавах. В данном случае значение электродного потенциала практически не менялось с ростом концентрации неодима в материале. Полученные данные могут объяснены протеканием обменной реакции между неодим-содержащим сплавом и расплавом $3LiCl–2KCl–UCl_3$, в результате чего поверхность электрода обогащается по металлическому урану.

В расплавах, не содержащих трихлорида урана, зафиксирована четкая дополнительная волна растворения неодима. По мере достижения потенциалов растворения урана, происходит его ионизация. При этом вследствие меньшей концентрации урана в электродном материале из сплава U – Pd (1,5 мас. %) – Nd (10 мас. %) наблюдается более значительная поляризация последнего по сравнению с материалом U–Pd (1,5 мас. %).

На кривых включения анодной поляризации сплава U–Pd–Nd в расплаве 3LiCl-2KCl, по мере роста анодной плотности тока зафиксировано явление предельного тока, соответствующего исчезновению неодима из металлической фазы. В тоже время в урансодержащих электролитах на зависимостях «потенциал – время» каких-либо волн или перегибов не обнаружено, что согласуется с данными, полученными гальваностатическаим коммутаторным методом.

The study was financially supported by JSC “Proryv”.

СОРБЦИЯ ИНДИЯ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ

Новиков И.В.[1], Свирский И.А.[1], Скачков А.А.[1]

[1)] ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

E-mail: novrar@gmail.com

SORPTION OF INDIUM FROM SULFURIC ACID SOLUTIONS

Novikov I.V.[1], Svirsky I.A.[1], Skachkov A.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The dependence of the sorption of indium ions on selected ion-exchange materials is given. For the study, sulfate solutions containing indium were selected. Phosphorus-containing ion exchangers have the highest selectivity for In (III).

Сернокислотное вскрытие индий содержащего материала позволяет переводить большинство элементов в ионную форму. В литературе имеются сведения о существовании ионов In_3^+, $InSO_4^+$ и $In(SO_4)_2^-$ [1]. Одной из главных задач при проектировании сорбционной технологической схемы является выбор ионита. На сегодняшний день синтезировано большое количество ионообменных материалов с различными функциональными группировками нежели это было в советское время. Известно, что сульфатные ацидокомплексы не устойчивы и в разбавленных растворах диссоциированы. Учитывая, что более вероятно лишь наличие ионов индия (III) для эксперимента выбрали ряд катионитов КФП-12, КРФ-16п, КФ-7, КУ-2 и Purolite S-955.

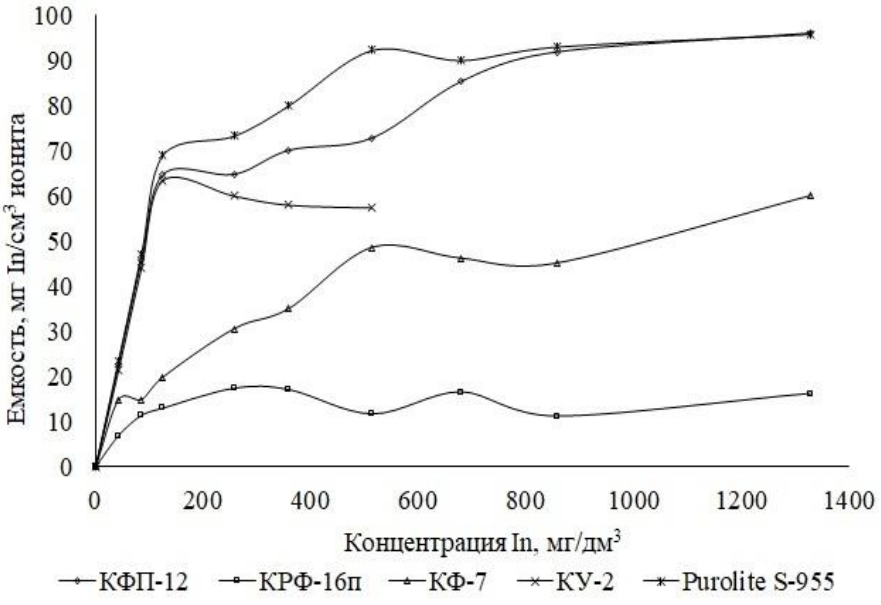


Рис. 1. Изотерма сорбции ионов индия.

Эксперимент проводили в статическом режиме при концентрации In (50 - 300) мг/дм^3 pH=1.18. Соотношение фаз Т:Ж=1:500. Время контакта 168 часов. Температура процесса 22˚С. Количественный анализ проводили методом ICP-MS.

По данным эксперимента заметно большей емкостью обладают фосфор содержащие катиониты Purolite S-955 и КФП-12, в отличие от сульфо- и карбоксильных групп. По всей видимости, селективность этих групп можно объяснить наличием связи между сорбируемым ионом индия и ионогенной группой не только ионная, но и в некоторой степени ковалентная.

1. Леканов Л. П. Исследование и разработка сорбционной технологии извлечения индия из растворов цинкового производства: дис. канд. техн. наук / Л. П. Леканов; Урал. политехн. ин-т им. С. М. Кирова. – Свердловск, 1977. – 202 с.

ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ИЗОТОПНЫХ ОТНОШЕНИЙ Nd В АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ МЕТОДОМ МК ИСП-МС

Окунева Т.Г.[1], Солошенко Н.Г.[1], Стрелецкая М.В.[1]

[1)] Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург
E-mail: okunevatatjana@mail.ru

METHOD VALIDATION FOR Nd ISOTOPE RATIO DETERMINATION IN ARCHEOLOGICAL SAMPLES BY MC-ICP-MS

Okuneva T.G[1], Soloshenko N.G.[1], Streletskaya M.V.[1]

[1)] Institute of Geology and Geochemistry, UB RAS, Ekaterinburg, Russia

A method for Nd isotope ratio determination in archeological samples is validated. Compared to isotope dilution technique, the internal mass bias correction of MC ICP-MS results proved to fit well the precision requirements for Nd isotopic analysis, yielding in satisfactory metrological parameters.

Изотопный состав неодима является относительно новым, но уже важным источником палеонтологической, археологической и палеоэкологической информации, по которой можно объективно судить о путях и условиях миграции древних животных и человека. Изотопия неодима также является перспективным тафономическим индикатором, позволяющим оценивать степень автохтонности-аллохтонности костного детрита по отношению к местам его нахождения [1].

Целью работы являлась валидация методики изотопного анализа неодима методом мультиколлекторной (МК) ИСП-МС с его предварительным хроматографическим выделением.

Материалы и методы. Для проведения работ использовали помещения с классами чистоты 6, 7 ИСО Института геологии и геохимии УрО РАН. Все реагенты,

применяемые в работе, подвергали предварительной двукратной очистке при температуре ниже температуры кипения (Savillex, США; Berghof, Германия). Для хроматографического выделения фракций Nd использовали смолы компании TRISKEM, Франция: TRU и LN [2-4].

Для измерения изотопного состава неодима использовали МК ИСП-МС Neptune Plus в сочетании с внутренней внутриэлементной коррекцией масс-биаса [6]. Для контроля измерительного оборудования использовали стандарт изотопного состава неодима J-Nd: $^{143}Nd/^{144}Nd$ = 0.51209±10 (1SD, N=14). Для оценки метрологических характеристик методики использованы стандартные образцы базальтов BCR-2, BIR-1a и BHVO-2, а также андезита AGV-2.

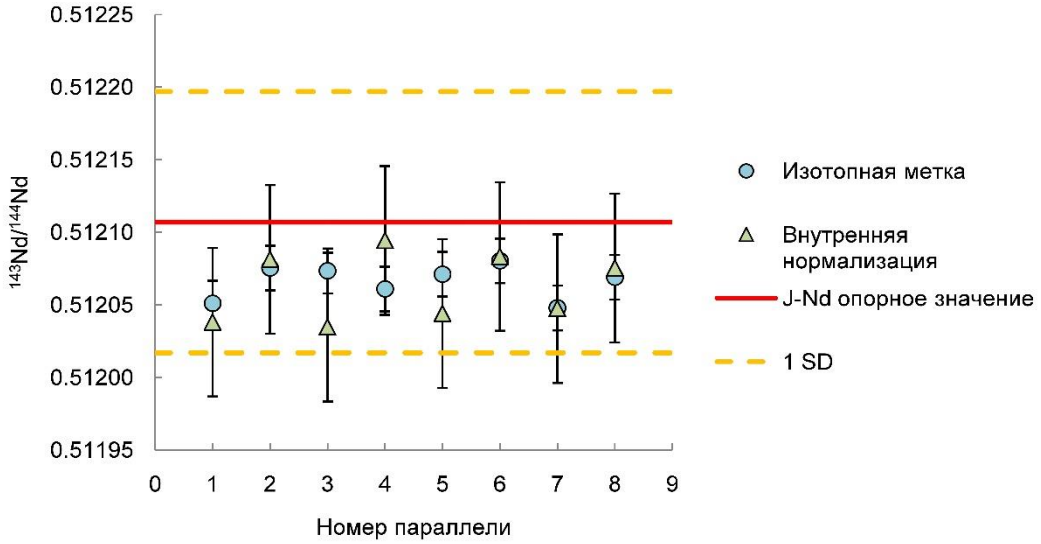


Рис. 1. Значения $^{143}Nd/^{144}Nd$ для образцов, выполненных методом изотопного разбавления и внутриэлементной нормализации.

Результаты. Для валидации примененной методики были подготовлены и измерены 8 параллелей стандарта J-Nd: каждую пару составляли один образец с изотопной меткой и один без нее. Таким образом, было проведено сравнение результатов анализа методом изотопного разбавления и внутренней внутриэлементной коррекцией масс-биаса без использования метки . Как видно из рисунка, значения, полученные методом изотопного разбавления отличаются меньшим стандартным отклонением всей выборки, в отличие от значений, полученных внутриэлементной нормализацией. При этом меньшие стандартные ошибки единичного измерения характерны, наоборот, для нормализованных отношений. Среднее значение $^{143}Nd/^{144}Nd$ составило 0,512066 и 0,512062 для образцов с изотопной меткой и без, что удовлетворительно согласуется с опубликованными данными [5]. Полученные показатели методики с применением втнуриэлементной нормализации, в том числе и для образцов базальтов BCR-2, BIR-1a и BHVO-2, а также андезита AGV-2, в целом указывают на возможность ее применения для работы с археологическими образцами.

Исследование выполнено в ЦКП УрО РАН «Геоаналитик» в рамках темы № АААА-А18-118053090045-8 государственного задания ИГГ УрО РАН.

1. Tütken T., Vennemann T.W., Pfretzschner H.-U. Geochimica et Cosmochimica Acta, 75, 5951-5970 (2011).
2. McAlister D., Horwitz P. Solvent Extraction and Ion Exchange, 25(6), 757-769 (2007).
3. Pin Ch., Zalduegui J.F.C. Analytica Chimica Acta, 399, 79-89 (1997).
4. Стрелецкая М.В. и др. Металлогения древних и современных океанов, 23, 252-256 (2017).
5. http://georem.mpch-mainz.gwdg.de/sample_query.asp.

ИЗУЧЕНИЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СКАНДИЯ ИЗ КРАСНОГО ШЛАМА ЯНТАРНОЙ КИСЛОТОЙ

Окилов Б.Р.[1], Боталов М. С.[1], Кириллов Е.В.[1], Рычков В.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: bunyod_01_01@inbox.ru

STUDY OF SCANDIUM LEACHING FROM RED MUD WITH SUCCINIC ACID

Oqilov B.R.[1], Botalov M.S.[1], Kirillov E.V.[1], Rychkov V.N.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The influence of concentration of acid, temperature, time, and red mud grinding on the effectiveness of scandium leaching from red mud using succinic acid was studied. The maximum effect was observed with grinding of the pulp, and an increase in the temperature of the process.

Скандий (Sc) является типичным рассеянным элементом и широко распространен в земной коре. Скандий используется в металлургии для получения алюминиево-скандиевых сплавов, в производстве твердых оксидных топливных элементов, оптических приборов, микроэлектроники и др. Широкому применению скандия препятствует высокая цена, обусловленная в свою очередь отсутствием собственных месторождений и высокой рассеянностью.

Красный шлам — отход процесса Байера, в настоящее время его ежегодно образуется по различным оценкам до 120 млн тонн [1] , и в будущем это число будет расти вследствие увеличения промышленного производства алюминия. Принимая во внимание относительно высокое содержание и доступность скандия, красный шлам можно рассматривать как важный и перспективный скандиевый ресурс.

К настоящему времени достаточно хорошо изучено выщелачивание скандия минеральными кислотами, данная же работа посвящена изучению выщелачивания слабыми органическими кислотами. Их использование в процессе переработки таких отходов – экологичная альтернатива традиционным кислотам.

Целью работы является поиск способов увеличения степени извлечения скандия. В работе проводилось выщелачивание янтарной кислотой. Ее преимуществом является возможность повторного использования, так как кислота легко возгоняется при температуре 130—140 °С, легко кристаллизуется при охлаждении. В данной работе использовался красный шлам Уральского алюминиевого завода (г. Каменск-Уральский) содержание скандия в нем 0,014 %. Красный шлам был предварительно отмыт и нейтрализован от остаточной щелочи. После выщелачивания раствор отфильтровывался и анализировался методом ICP-MS.

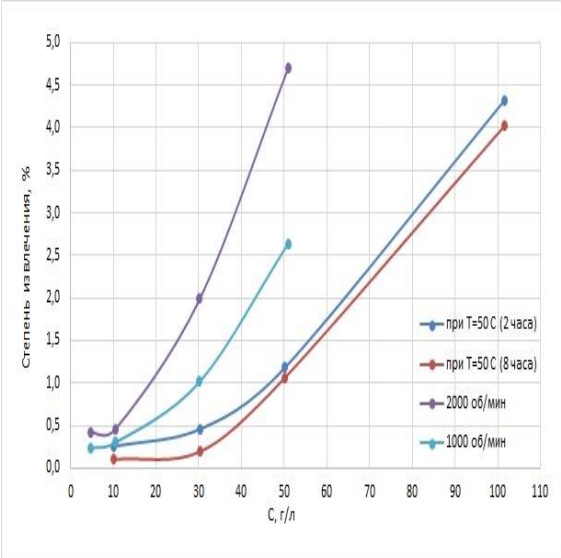


Рис. 1. Зависимость степени извлечения скандия от концентрации янтарной кислоты при нагреве, измельчении КШ.

В работе было исследовано влияние на степени извлечения выщелачивания скандия из красного шлама в зависимости от концентрации янтарной кислоты, температуры выщелачивания, а также предварительного измельчения красного шлама. Наибольший эффект дает предварительное измельчение пульпы, а также увеличение температуры процесса. Способ показал возможность извлечения скандия, однако максимально достигнутая степень извлечения достаточно низка, поэтому требуется исследования по интенсификации выделения скандия.

Liu Z., Li H. Metallurgical process for valuable elements recovery from red mud - A review // Hydrometallurgy. Elsevier B.V., 2015. Vol. 155. P. 29–43.

АМФИФИЛЬНЫЕ СВОЙСТВА СОПОЛИМЕРОВ МЕТОКСИ- И АЛКОКСИОЛИГО(ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ)МЕТАКРИЛАТОВ

Орехов Д.В.[1], Ананьина О.С.[1], Сидоркин С.А.[1], Ермолаев И.Д.[1]

[1)] Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия
E-mail: mitriy07@mail.ru

AMPHIPHILIC PROPERTIES OF METHOXY AND ALKOXY OLIGO (ETHYLENE GLYCOL) METHACRYLATE COPOLYMERS

Orekhov D.V.[1], Ananina O.S.[1], Sidorkin S.A.[1], Ermolaev I.D.[1]

[1)] Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia

Amphiphilic copolymers of methoxy and alkoxy oligo (ethylene glycol) methacrylates were synthesized by classical and controlled (RAFT) radical polymerization methods. The solutions properties were studied by employing spectrophotometry, fluorescence, and dynamic light scattering techniques.

В течение последних десятилетий для контролируемой доставки различных лекарственных веществ к больным органам предложены и интенсивно исследуются самые различные типы полимеров. Одним из перспективных типов считаются мицеллы амфифильных полимеров, в гидрофобном ядре которых удерживаются плохо растворимые в воде лекарственные вещества, высвобождаемые затем за счет диффузии или разрушения мицелл под внешним воздействием [1].

В данной работе методами классической и контролируемой (RAFT) радикальной полимеризации синтезированы амфифильные сополимеры метоксиолиго(этиленгликоль)метакрилатов гидрофобномодифицированные звеньями алкоксиолиго(этиленгликоль)метакрилатов с алкильными группами С12-С14. На рисунке 1а представлена общая структурная формула полимеров. Методами ГПХ, статического и динамического рассеяния света исследованы их молекулярно-массовые и гидродинамические характеристики. Методом турбидиметрии исследованы термочуствительные свойства полимеров в водных растворах. Показано, что значения критических температур фазовых переходов зависят от соотношения гидрофобных и гидрофильных звеньев, и могут быть довольно близки к температуре человеческого тела. Образование мицелл в водной среде изучено с использованием метода стационарного флуоресцентного зонда. Соотношение между интенсивностью первого и третьего пика I1/I3 в спектрах флуоресценции пирена было использовано для получения информации о процессе агрегации амфифильных полимеров и установления полярности микроокружения, в котором находится зонд. Установлено, что синтезированные сополимеры с молекулярной массой 10-50 кДа образуют в водных растворах устойчивые полимерные мицеллы, способные выполнять функции наноконтейнеров для гидрофобных

модельных соединений – аналогов цитостатиков, используемых при химиотерапии онкозаболеваний. Для примера на рис. 1б представлены данные по зависимостям критической температуры растворимости 1%-ных водных растворов и емкости полимерных мицелл от мольной доли алкоксиолиго(этиленгликоль)метакрилата в полимере.

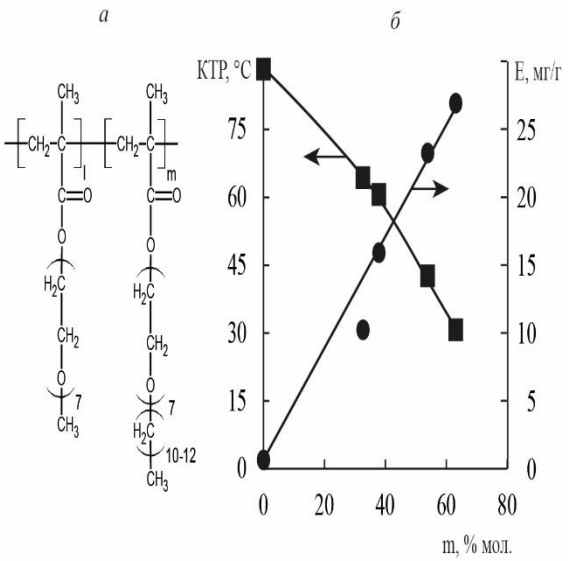


Рис. 1 – Структурная формула синтезированных полимеров (а). Зависимости критической температуры растворимости КТР 1%-ных водных растворов и емкости Е полимерных мицелл от мольной доли m алкоксиолиго(этиленгликоль)метакрилата в полимере (б)

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №18-73-00297).

1. El-Say K., El-Sawy H. Polymeric nanoparticles: Promising platform for drug delivery // International Journal of Pharmaceutics. – 2017. – V. 528. – P. 675–691.

МЕЖФАЗНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В СИСТЕМЕ Ti -Al -(Nb, Ta, V)

Осинкина Т.В.[1], Красиков С.А.[1], Русских А.С.[1], Ченцов В.П.[1]

[1)] Институт металлургии УрО РАН
E-mail: cool-ezhk@yandex.ru

INTERFACIAL INTERACTION IN Ti -Al -(Nb, Ta, V) SYSTEM

Osinkina T.V.[1], Krasikov S.A.[1], Russkih A.S.[1], Chentsov V.P.[1]
[1)] Institute of Metallurgy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Physical and chemical properties of Ti-Al - (Nb, Ta, V) alloys obtained by joint aluminothermal reduction of metals from oxides are studied. The influence of melting point and concentration of Nb, Ta, V on density and surface tension of alloys was studied.

Ограниченность имеющихся в литературе сведений о физико-химических свойствах Ti – Al сплавов, содержащих редкие тугоплавкие (Nb, Ta, V) элементы, в частности, плотности и поверхностного натяжения, не позволяет в полной мере совершенствовать способы получения таких сплавов и лигатур. Например, исследование поверхностных характеристик и плотности актуально для металлотермических процессов [1-3]. При этом поверхностное натяжение и плотность не только влияют на разделение металлической и оксидной фаз, но и являются свойствами, позволяющими судить о структуре расплава. В настоящей работе выполнено изучение влияние добавок ниобия, тантала и ванадия на поверхностное натяжение (σ) и плотность (ρ) сплавов Al-Ti, что необходимо для оценки межфазных свойств.

Значения поверхностного натяжения и плотности определялись при помощи метода лежащей капли. Для исследований брали образцы сплавов, полученных путем совместного алюминотермического восстановления металлов из оксидов в печи сопротивления и затем переплавленных в атмосфере аргона в вакуумной печи.

Таким образом, изучение физико-химических свойств сплавов Ti-Al показало, что увеличение в сплаве Ti-Al концентрации ниобия, тантала и ванадия влияло на рост поверхностного натяжения и плотности. Добавление Ta способствовало максимальному увеличению значения поверхностного натяжения. При одновременном добавлении 0.63% Ta и 1.85% Nb, а также 1.87% V наблюдался незначительный рост σ. Зависимости поверхностного натяжения от температуры имели линейный характер. При этом значения температурных коэффициентов изменялись незначительно.

1. Krasikov S.A., Agafonov S.N., Zhilina E.M. Vedmid L.B., Zhidovinova S.V., Dolmatov A.V., Osinkina T.V., Russkih A.S. Peculiarities of fhase formation at metallothermic obtaining titanium-aluminium alloys. Титан. - 2017. - №3(57). - С. 27-43.

2. Adeli M., Seyedein S.H., Aboutalebi M.R., Kobashi M., Kanetake N. Implementation of DSC analysis in reaction kinetics during heating of Ti-50 at.% Al powder mixture. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. - 2017. -Т. 128. - № 2. - С. 867-874

3. Русских А.С., Агафонов С. Н., Пономаренко А.А., Ведмидь Л.Б., Жидовинова С.В., Жилина Е.М., Красиков С.А. Физико-химические закономерности при совместном алюминотермическом восстановлении ZrO2, Ta2O5, Nb2O5. Труды XIV Российского семинара. Курганский государственный университет. - 2018. - С. 58-61

HIGH TEMPERATURE ELECTRONIC ABSORPTION SPECTROSCOPY OF RHODIUM (III) IN LiCl-KCl-CsCl EUTECTIC BASED MELTS

Osipenko A.A.[1]

[1)] Ural Federal University
E-mail: vida1995@yandex.ru

The aim of this work is to study the behavior of rhodium (III) chloro-species in the ternary LiCl–KCl–CsCl eutectic based melts in the temperature range of 300–800 ˚C using electronic absorption spectroscopy in standard silica spectroelectrochemical cells and fiber optic spectrometer.

Calculations showed that the SNF processing plant with an annual capacity of 1000 tons can extract 775 kg of rhodium per year [1]. Melts based on alkali metal chlorides can be used as working media in spent nuclear fuel pyrochemical reprocessing. The development of such processes requires knowledge of the physical and chemical properties of salt melts containing ions of fission product elements including rhodium. High temperature electronic absorption spectroscopy provides important information on composition and structure of complex metal species in fused salts. The measurements are performed in the visible as well as near ultraviolet and IR regions. This method is applied to identify the oxidation state of ions, study redox reactions in molten salt mixtures and monitor the process of changing concentration of components in the salt electrolyte.

The available literature contains no information on electronic absorption spectra of rhodium(III) chloro-species in the low melting LiCl–KCl–CsCl eutectic. Such mixture enables to widen working temperature range. The upper temperature value is limited by vapor pressure and decomposition point of rhodium trichloride.

In the present study the behavior of rhodium (III) chloro-species was studied in the ternary LiCl–KCl–CsCl eutectic based melts in the temperature range of 300–800 ˚C. Rhodium was added to the electrolyte as anhydrous trichloride $RhCl_3$. Electronic absorption spectroscopy was employed as a research method. The experimental spectra were resolved into individual overlapping Gaussian bands. Principle spectroscopic parameters were determined from the results of analysis. The effect of temperature on the basic characteristics of spectral bands was analyzed.

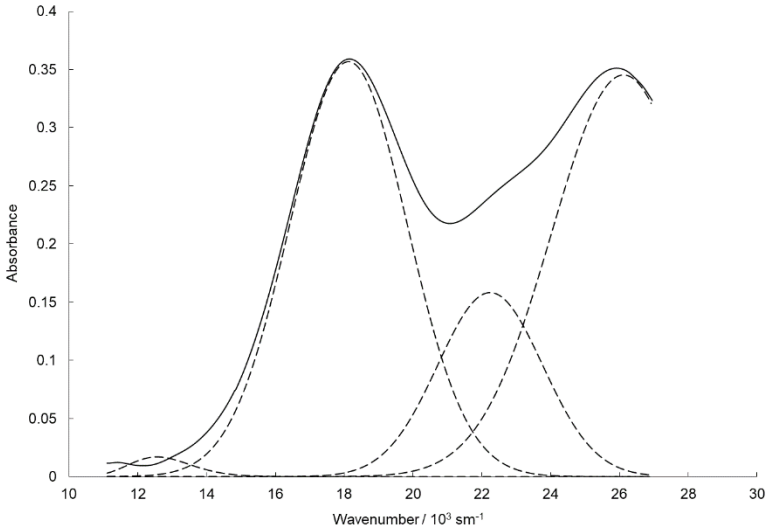


Fig. 1. Analysis of obtained spectrum

1. M. Yu. Alyapyshev, V. A. Babain and Yu. A. Ustynyuk, Uspekhi Khimii 85, 943–961 (2016).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОПАНТОВ И ПАРАМЕТРОВ СИНТЕЗА НА КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ ЦЕНТРЫ ПОВЕРХНОСТИ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Осолихина А.Ю.[1], Берескина П.А.[1], Машковцев М.А.[1]

[1)] Кафедра Редких металлов и наноматериалов,
Физико-технологический институт, УрФУ
E-mail: ANna.osolikhina@yandex.ru

INFLUENCE OF DOPANTS AND SYNTHESIS PARAMETERS ON ALUMINA ACID-BASIC SURFACE SITES

Osolikhina A.Y.[1], Bereskina P.A.[1], Mashkovtsev M.A.[1]
[1)] Department of Rare Metals and Nanomaterials, Institute of Physics and Technology, UrFU

The effect of synthesis parameters and dopants on a ratio of acid and base surface site of alumina was studied. It was established that a sample precipitated in natural medium has the highest concentration of Bronsted base sites. Doping of Zr or La increases the concentration of Bronsted base sites.

γ-Оксид алюминия один из самых доступных материалов для производства катализаторов и носителей каталитически активных веществ. Сегодня весьма актуально исследование влияния параметров синтеза и стабилизирующих добавок на свойства поверхности оксида алюминия, в том числе на количество и соотношение кислотных и основных центров [1-2]. Цель работы – исследовать влияние

параметров синтеза и модификаторов на характеристики поверхности оксида алюминия.

Образцы синтезировали методом двухструйного осаждения: одновременно вводили в реактор раствор нитратов металлов (2М) с постоянной скоростью 5 мл/мин и раствор аммиака (5.7М), который подавался дискретно в случае снижения заданного pH. Осаждение проводили при комнатной температуре (22±3°C). Образцы получали при различных pH: 6 и 9. Часть суспензии, полученной осаждением при pH=6, отделили и повысили значение pH до 9 единиц путем капельного введения раствора аммиака (5.7М). Полученные суспензии фильтровали, осадки сушили и обжигали. Соотношение кислотных и основных центров определяли методом массового титрования, путем нахождения pH точки нулевого заряда ($pH_{тнз}$) оксида алюминия.

pH раствора нитрата калия (0.1М) довели до значения 5.2 и 9.7, используя растворы HNO_3 (0.1М) и KOH (0.1М) соответственно. Все приготовленные растворы электролита поместили в пять полипропиленовых пробирок, и выдерживали при перемешивании. В каждые пять пробирок вводили навески порошков до достижения концентрации твердого 0,25; 1; 10; 50; 100 г/дм^3 соответственно. Полученные суспензии выдерживали при перемешивании сутки, дожидались оседания твердой фазы и измеряли pH электролита.

Образец	$pH_{тнз}$
A-6	8,7
A-6-9	8,1
A-L-6-9	8,4
A-Z-6-9	8,4
A-9	7,9
A-L-9	7,9
A-Z-9	8,0

Рис. 1. Значения pH точки нулевого заряда

Установлено, что образцу А-6, синтезированному в нейтральной среде, соответствует самое высокое значение pHтнз, что косвенно может отражать более высокую концентрацию основных центров Бренстеда. Значение pHтнз для образцов А-6-9, А-9, А-L-9, А-Z-9 практически одинаково. Это может косвенно отражать более высокую концентрацию кислотных центров Бренстеда. Образцы А-6-9, А-L-6-9, А-Z-6-9 синтезированные в нейтральной среде с последующим изменением её до основной имеют разные значения pH. Это может свидетельствовать

об увеличении концентрации основных центров при введении модифицирующих добавок.

Параметры синтеза значительно влияют на концентрацию кислотно-основных центров на поверхности. Более детальное изучение зависимости концентрации кислотно-основных центров на поверхности от методов синтеза позволит создавать технологии, позволяющие получать оксид алюминия с наилучшим сочетанием свойств для каждой каталитической реакции.

1. Phung, T. K., Herrera, C., Larrubia, M. A., García-Diéguez, M., Finocchio, E., Alemany, L.J., Busca, G., Appl. Catal., A, 2014, no. 483, p. 41.
2. Jang, E. J., Lee, J., Jeong, H. Y., Kwak, J. H., Appl. Catal., A, 2019, no. 572, p. 1.

РАМАНОВСКОЕ ГИПЕРКАРТИРОВАНИЕ ЗУБНОЙ ТКАНИ ЧЕЛОВЕКА: АНАЛИЗ И СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ

Панкрушина Е.А.[1], Киселева Д.В.[1]

[1)] Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения РАН
E-mail: lizaveta.94@list.ru

RAMAN HYPERMAPPING OF HUMAN TEETH: ANALYSIS AND STATISTICAL APPROACHES

Pankrushina E.A.[1], Kiseleva D.V.[1]

[1)] The Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Raman hypermapping of teeth both intact and affected by dental diseases is carried out in order to assess the quality of their mineral (degree of crystallinity) and organic components, as well as the alterations during the application of regenerative and supporting therapeutic preparations.

Спектроскопические методы, в частности, ИК и рамановская спектроскопия, нашли широкое применение в изучении особенностей структуры и дефектообразования органоминеральных агрегатов - костных и зубных тканей (биоапатитов); они позволяют получать информацию об особенностях их локальной молекулярной структуры [1]. Рамановская спектроскопия обладает рядом преимуществ, таких как высокое пространственное разрешение (до 1 мкм), простота пробоподготовки, отсутствие разрушений образца после анализа. Актуальным представляется анализ карт распределения спектральных параметров зубных тканей, интактных и с заболеваниями разного рода, для оценки качества минеральной компоненты (степени кристалличности биогенного апатита), органической компоненты, а также для оценки изменений, происходящих при воздействии

препаратов для регенеративной и поддерживающей терапии пациентов с заболеваниями пародонта.

Рамановский спектр биоапатита содержит колебания минеральной составляющей – карбонат-гидроксиапатита: симметричного валентного колебания ν1 PO_4^{3-} (~960 $см^{-1}$), деформационных колебаний ν4 PO_4^{3-} (~430 и 580 $см^{-1}$), а также валентных ν1 колебаний примесных карбонат-ионов B-типа, замещающих фосфат-ионы в решетке апатита (~1065 – 1070 $см^{-1}$) [2]. Также явно выражены колебания органической матрицы: колебания углеродных связей в пролине и гидроксипролине, фенилаланине, связей NH и C=O в амиде типов I и III [2]. Все обнаруженные колебания протеиновой матрицы соответствуют фибриллярному белку коллагену (рис.1а), который является основным органическим компонентом зубной эмали и дентина.

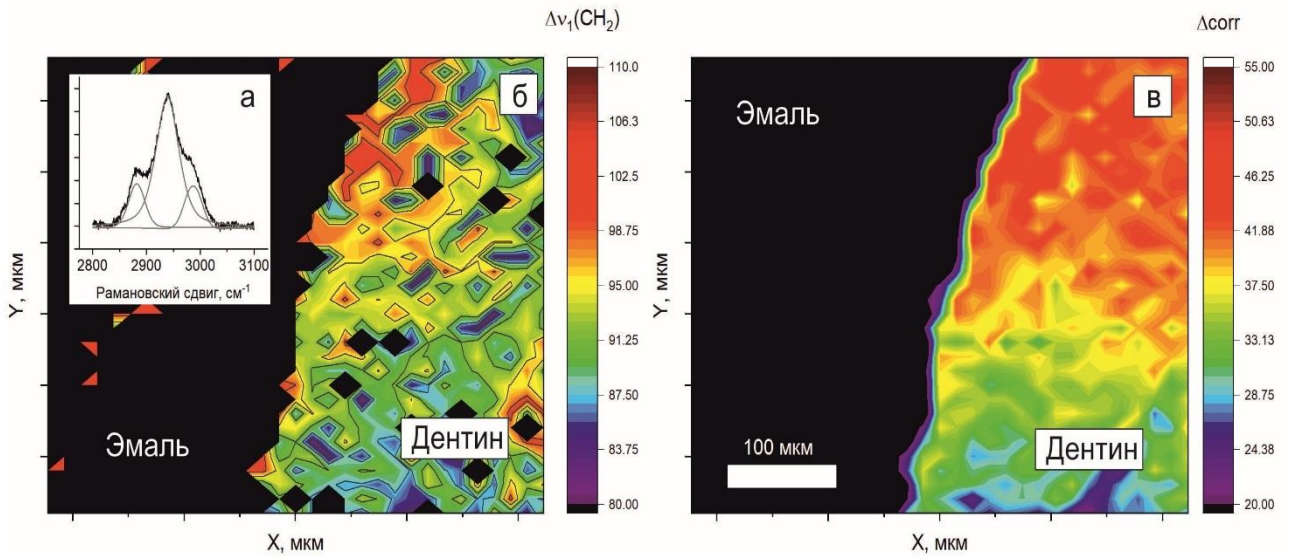


Рис. 1. Рамановский спектр группы колебаний органической составляющей (CH2) (а). Карта распределения спектральных параметров: (б) построенная по ширине колебательной моды ν1(CH_2)~2950 $см^{-1}$; (в) построенная по параметру Δ_{corr}, рассчитанному в диапазоне 2800 - 3100 $см^{-1}$.

При картировании по минеральной составляющей в эмали выделена зональность, вероятно связанная с линиями Ретциуса и полосами Гунтера — Шрегера, в то время как при “классическом” построении карты по ширине колебательной моды ν1(CH_2)~2950 $см^{-1}$ (рис.1а) органической компоненты в дентине зональность не выделяется (рис.1б). В этой связи, для более точной интерпретации использовали карту распределения параметра Δ_{corr} [3] (рис. 1в), в основу которого положен расчет автокорреляционной функции (ACorF). Применение ACorF для анализа спектральных данных (ИК Фурье-спектроскопии и др.) предложено в работе [3] и апробировано при определении T-индуцированных фазовых переходов [4]. Параметр Δ_{corr} позволяет провести параметризацию эффективной ширины линий отдельных полос или групп полос в спектрах и эффективно определить области разнообразных критических явлений, в том числе зональность. На рис.

1в наблюдается (1) четкая граница эмаль-дентинного соединения, (2) выявлена неравноментрость распределения органической составляющей в дентине.

Таким образом впервые получена зональность по органической составляющей, характеризующая неравномерное отложение склерозированного дентина при повышенной стираемости.

Работа выполнена в ЦКП "Геоаналитик", Рамановская спектроскопия выполнена в рамках государственного задания ИГГ УрО РАН №АААА-А18-118053090045-8, статистический анализ-в рамках гранта РФФИ №19-35-90020.

1. Вотяков, С.Л., Мандра, Ю.В., Киселева, Д.В., Григорьев, С.С., Ронь, Г.И., Панфилов, П.Е., Зайцев, Д.В., Ивашов, А.С., Сайпеев, К.А., Абдулина, Ю.Н., Проблемы стоматологии, 13(1), 3-16 (2017).

2. Kirchner, M. T., Edwards, H. G. M., Lucy, D., Pollard, A. M. Journal of Raman Spectroscopy, 28(23), 171–178 (1997).

3. Salje, E. K. H., Carpenter, M. A., Malcherek, T., Boffa Ballaran, European Journal of Mineralogy,, 12(3), 503–519 (2000).

4. Pankrushina, E. A., Kobuzov, A. S., Shchapova, Yu. V., Votyakov, S, L., Journal of Raman Spectroscopy, In Print (10.1002/jrs.5825), (2020)

ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ САМАРИЯ И ИТТЕРБИЯ ЛАНТАНОТЕРМИЧЕСКИМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ

Петров А.И.[1, 2], Фофанов Г.Л.[1], Иванов В.А.[1], Щетинский А.В.[1], Половов И.Б.[1], Ребрин О.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
[2)] Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук
E-mail: antonpi1993@gmail.com

SAMARIUM AND YTTERBIUM METAL PRODUCTION USING LANTANOTHERMIC REDUCTION

Petrov A.I.[1, 2], Fofanov G.L.[1], Ivanov V.A.[1], Schetinskiy A.V.[1], Polovov I.B.[1], Rebrin O.I.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin
[2)] Institute of High Temperature Electrochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

The method of lantanothermic reduction was proposed for production of metallic samarium and ytterbium. Their oxides were used as a crude material. The optimal conditions of the processes were determined. The enlarged lots of metals were produced using specially designed set-up.

В современном мире в соответствии с требованиями научно-технического прогресса сохраняется устойчивый рост потребления редкоземельных элементов и скандия. Уровни потребления РЗЭ в промышленно развитых странах мира уже на протяжении нескольких десятков лет служат четкими индикаторами экономического развития и национальной безопасности. Из мировой практики известно, что в качестве восстановителя наиболее широко используются металлический кальций и литий.

Проведенный термодинамический анализ показал, что фториды таких РЗМ как самарий и иттербий восстанавливаются литием и кальцием в условиях лишь частично (не более, чем на 80 %), а в предварительных экспериментах было установлено, что выход готового продукта при восстановлении фторидов самария и иттербия литием в реальных условиях не превышает 20 %.

Высокая упругость паров самария и иттербия при повышенных температурах позволяет отгонять эти металлы при пониженных давлениях из реакционной зоны, совмещая операции получения и рафинирования [1]. На основании термодинамического анализа в качестве альтернативного восстановителя в настоящей работе предложено использовать металлический лантан, а восстановительную плавку вести при пониженном давлении, тем самым реализуя процесс дистилляции получаемых металлов. При этом в качестве сырья рекомендовано

использовать не фториды, а оксиды металлов, что существенным образом сказывается на себестоимости передела.

Исследованы зависимости степени восстановления от технологических параметров подготовки шихты (геометрические размеры таблетки, усилие прессования таблеток) и параметров восстановительной плавки (температура, избыток металла-восстановителя, остаточное давление аргона, время выдержки). Установлено, что показатели процесса улучшаются при возрастании удельного давлении при прессовании таблеток и перестают меняться при стабилизации размеров таблеток.

Найдены оптимальные условия проведения процессов. Так, например, для получения иттербия необходимо, чтобы избыток металла восстановителя составлял 5 %, температура выдержки – 1100 °С, остаточное давление аргона в системе – 5 мм. рт. ст., время выдержки при заданной температуре – 4 часа. Как и следовало ожидать, исходя из физико-химических свойств, оксид самария восстанавливается лантаном с большими трудностями, чем оксид иттербия. Для получения степени восстановления более 90% необходимо снижать давление до 10^{-3} – 10^{-4} мм рт. ст., повышать температуру до 1150-1200 ºС и повышать избыток восстановителя до 30 %.

В соответствии с описанными выше технологическими условиями для определения технологических показателей получения самария и иттербия лантанотермическим восстановлением были проведены укрупненные балансовые эксперименты, в ходе которых были получены партии металлов, а также подтверждены оптимальные параметры проведения технологических операций, которые взяты за рекомендуемые для технико-экономических расчетов. Проведенный химический анализ указал на высокую чистоту получаемых продуктов.

1. Зеликман А.Н., Коршуном Б.Г., Металлургия редких металлов, М.: Металлургия, (1991)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В СЛОЖНОМ ОКСИДЕ $PrBaMn_2O_6$-δ

Пикуло А.А.[1], Данилов Д.А.[1], Кудякова В.С.[1, 2], Сунцов А.Ю.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: a.a.pikulo@mail.ru

DETERMINATION OF OXYGEN CONTENT IN A COMPLEX OXIDE $PrBaMn_2O_6$-δ

Pikulo A.A.[1], Danilov D.A. [1], Kudyakova V.S. [1, 2], Suntsov A.Yu.[2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Solid State Chemistry, Yekaterinburg, Russia

The determination of oxygen content in complex oxide by carrier gas hot extraction was applied. The causes of a random error were investigated. The main source was determined as the calibration procedure.

Сложный оксид со структурой двойного перовскита $PrBaMn_2O_6$-δ обладает смешанной электронной и ионной проводимостью и перспективен для применения в качестве электродных материалов для твердооксидных топливных элементов и суперконденсаторов, кислородных аккумуляторов, кислородпроницаемых мембран и т.д. Структура и свойства этого материала во многом определяются содержанием кислорода в кристаллической решетке, которое может изменяться в зависимости от температуры и парциального давления кислорода в газовой среде. Таким образом, определение содержания кислорода в структуре двойного манганита является актуальной задачей, для решения которой традиционно используют йодометрическое титрование. Однако данный метод трудозатратен и требует создания инертной атмосферы в процессе титрования. В нашей работе был использован метод восстановительного плавления.

Метод восстановительного плавления находит широкое применение благодаря универсальности и сравнительной простоте аналитических методик. Принцип метода основан на выделении содержащегося в образце кислорода в газовую фазу с последующим измерением его количества. Газовой фазой является монооксид углерода, образующийся в результате взаимодействия кислорода образца с углеродом тигля, при высоких температурах.

Измерения проводили на газоанализаторе Horiba EMGA620W/C. В качестве объекта анализа были выбраны двойной перовскитоподобный манганит $PrBaMn_2O_6$-δ и соединения, из которых он был синтезирован – оксиды празеодима и марганца, карбонат бария.

Для определения количества кислорода в $PrBaMn_2O_6$-δ анализируемый образец предварительно прокаливали при температуре 850 °C в течение двух часов,

затем охлаждали в эксикаторе. Навеску образца (около 12 мг) запаковывали в никелевую капсулу, после чего проводили измерение.

В соединениях, из которых был получен исследуемый образец, также определили содержание кислорода, предварительно прокалив. Необходимость термической обработки обусловлена тем, что оксиды могут поглощать влагу и диоксид углерода из воздуха.

В исследованиях свойств сложных оксидов критически важна высокая точность определения кислорода. Поэтому в первую очередь был проведен поиск возможных источников случайной погрешности. Для расчета содержания кислорода в образце, необходимо измерить массу анализируемой пробы, аналитический сигнал, определить сигнал холостого опыта и установить коэффициент чувствительности метода. Все эти измерения участвуют в формировании погрешности результата анализа. Установленная по ряду параллельных определений погрешность массовой доли кислорода, в виде относительного стандартного отклонения, составила 1,7 %. Проанализировав причины возникающей случайной погрешности, выяснилось, что наибольший вклад вносит коэффициент чувствительности, определяемый при градуировании (рис.1). Это делает возможным улучшить случайную составляющую погрешности в точности измерения.

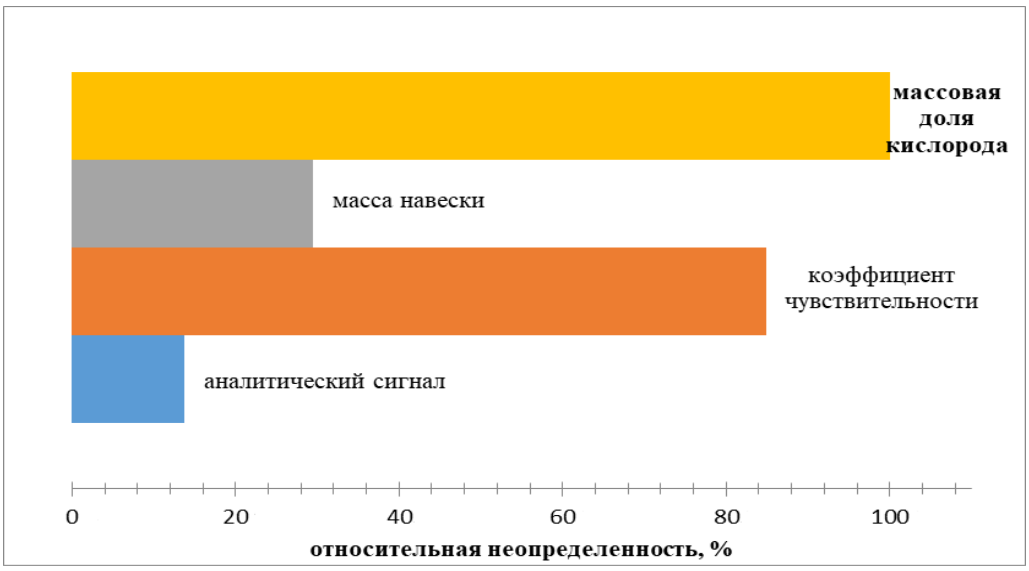


Рис. 1. Вклад источников случайной погрешности в погрешность результата.

1. Григорович К. В. Новые возможности современных методов определения газообразующих примесей в металлах // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2007. Т. 73, № 1. С. 24 – 27

2. ГОСТ Р 8.820-2013 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрологическое обеспечение. Основные положения

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНИОНОВ SO_4^{2-}, NO_3^-, PO_4^{3-}, Cl^- ВО FLiNaK МЕТОДОМ КАПИЛЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОФОРЕЗА

Платонова М.А.[1], Данилов Д.А.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: platonovamaria17@gmail.ru

DETERMINATION OF SO_4^{2-}, NO_3^-, PO_4^{3-}, Cl^- ANIONS IN FLiNaK USING CAPILLARY ELECTROPHORESIS

Platonova M.A.[1], Danilov D.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this research, determination of SO_4^{2-}, NO_3^-, PO_4^{3-}, Cl^- anions in FLiNaK using capillary electrophoresis was studied. To reduce the effect of the F- ion, the following methods were used: precipitation by CaCrO4, and electrokinetic input method, with the transfer of F- ions to the molecular form of HF.

FLiNaK представляет собой тройную смесь солей фторидов щелочных металлов. Благодаря уникальным свойствам, таким как высокая температурная стабильность, теплопроводность, удельная теплоемкость и температура кипения (T = 1570 0C), FLiNaK используется в ядерных реакторах, как новый тип высокотемпературного теплоносителя и переработке облучённого ядерного топлива. FLiNaK может повысить безопасность производственных процессов и сыграть решающую роль в преобразовании энергии, а также эффективности ее использования. Чистота солей определяет правильное течение технологического процесса и его безопасность [2]. Поэтому содержание примесей — важный параметр, требующий тщательного контроля.

Методы капиллярного электрофореза получили свое распространение около двадцати лет назад. Они обеспечивают высокую чувствительность и позволяют определять анионы в смеси. В данной работе проводилось определение сульфат-, нитрат-, фосфат- и хлорид- ионов по методике [1] с использованием системы капиллярного электрофореза Капель-103Р. Растворы после выщелачивания проб подвергались дегазации в вакуум-эксикаторе с помощью водоструйного насоса в течение 15 минут и центрифугированию в течение 10 минут при 3000 об/мин. Ввод проб проводился в течение 10 сек, при давлении 30 мбар и напряжении 0,0 кВ. Время анализа 7 минут, напряжение 17 кВ. Для осаждения фторид ионов 10 мл хромата кальция с концентрацией 0,023 г/мл добавили к 1 мл раствора после выщелачивания FLiNaK. Образующийся осадок фторида кальция центрифугировался, осветленный раствор анализировали в соответствии с методикой.

При электрокинетическом вводе раствор подкислялся до pH = 1 и электрокинетически вводился в капилляр при следующих параметрах: (10-25) кВ, 0 мбар, 10 с.

В ходе работы была построена градуировочная зависимость в пределах 5мг/л – 40 мг/л, на основании которой проведен анализ анионного состава водного раствора соли. В растворе определили хлорид и сульфат ионы с концентрацией 3 мг/л, что соответствует массовой доле 0,56%. Найдено, что высокая концентрация $C(F^-)$ = 92,9 мг/л мешает определению остальных анионов. Для удаления F^- из водного раствора применили осаждение хроматом кальция, который был выбран на основании того, что основным компонентом буфера является CrO_4^-. Однако остаточная концентрация фторид-иона затрудняла определение анионов. Другим способом определения аналитов на фоне высокой концентрации фторид-ионов является электрокинетический ввод пробы, при котором анионы переносятся из раствора в капилляр под действием приложенного высокого напряжения. При pH = 1 фторид-ионы в растворе находятся в форме плавиковой кислоты и практически не вводятся в капилляр. Электрокинетический ввод не позволил определить содержание фосфатов. Маскирование или удаление фторид иона из раствора для определения анионов методом капиллярного электрофореза требует дополнительных исследований.

1. ООО «ЛЮМЕКС» Методика измерений массовой концентрации хлорид-ионов, нитрит-ионов, сульфат-ионов, нитрат-ионов, фторид-ионов и фосфат-ионов в пробах природных, питьевых и очищенных сточных вод с применением системы капиллярного электрофореза «Капель» М 01-30-2009, Санкт-Петербург, (2009).

2. Guoqiang Zong, Zhi-Bing Zhang, Jia-Hong Sun, Ji-Chang Xiao, Preparation of high-purity molten FLiNaK salt by the hydrofluorination process, Journal of Fluorine Chemistry, (2017).

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТОНКИХ ПЛЁНОК ИТТРИЙ-ЕВРОПИЕВЫХ СИСТЕМ

Поливода Д.О.[1], Гордеев Е.В.[1], Машковцев М.А.[1], Алешин Д.К.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г Екатеринбург, Россия
E-mail: sbbthblack@gmail.com

RESEARCH OF PROPERTIES OF THIN FILMS OF YTTRIUM-EUROPIUM SYSTEMS

Polivoda D.O.[1], Gordeev E.V.[1], Mashkovtsev M.A.[1], Aleshin D.K.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work, thin oxide films were obtained using «hot plate» method. These films were applied from colloidal suspensions of layered rare-earth hydroxides. Suspensions were prepared by exfoliation of intercalated powders and powders without intercalation.

Редкоземельные элементы (РЗЭ) обладают уникальными оптическими свойствами, поэтому их применяют для изготовления люминисцентных материалов. Один из способов получения люминофоров является осаждение гидроксонитратов РЗЭ при постоянном значении pH с последующим обжигом.

Осаждение гидроксонитратов иттрия-европия проводили с помощью одновременного дозирования раствора нитратных солей РЗЭ и раствора аммиака в общий реакционный объём таким образом, чтобы значение pH в этом реакционном объёме оставалось на уровне 8. Синтез проводился при постоянном перемешивании. После осаждения суспензию фильтровали, полученный осадок промывали деионизованной водой, репульпировали в абсолютном изопропиловом спирте, и плавно сушили до полного удаления воды. Часть полученного порошка интеркалировали в растворе додецилсульфата с концентрацией додецилсульфат-ионов в 10 раз превышающей концентрацию нитрат-ионов в порошке. Интеркаляция проводилась 24 часа при постоянном перемешивании при температуре 80 °C. Далее полученный порошок 24 часа эксфолиировали в формамиде при нормальных условиях [1]. Другая часть порошка после осаждения была эксфалиирована в формамиде при температуре 80 °C.

Были получены 2 коллоидные суспензии. Из этих суспензий с помощью метода «hot plate» были получены тонкие плёнки на кварцевой подложке. После нанесения, кварцевые подложки с плёнкой высушили и обожгли при 800 °C. Полученные оксидные плёнки были проанализированы методами оптической микроскопии и люминесцентной спектроскопии.

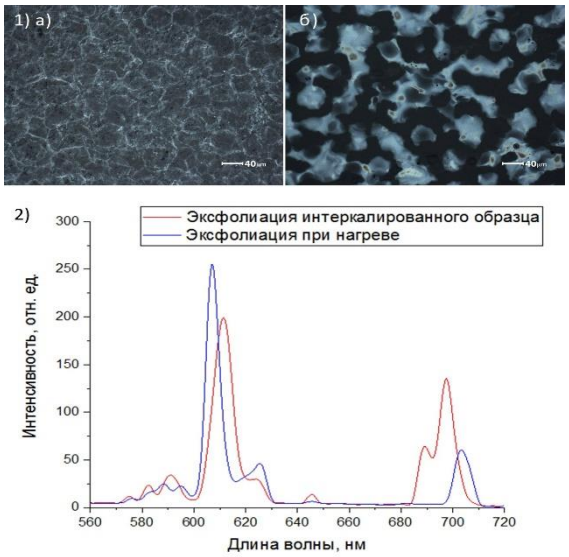


Рис. 1. 1) Оптическое изображение пленок а) эксфолиированного интеркалированного образца; б) эксфолиированного образца при нагреве; 2) Спектры люминесценции пленок

Интенсивность люминесценции у образцов различные, а также наблюдается схожий спектральный состав. Это может быть связано с различным фазовым составом этих двух плёнок. Плёнка из эксфалиированного интеркалированного после обжига образует оксисульфаты РЗЭ, а плёнки из эксфолиированного образца при нагреве после обжига образуют оксиды.

Оптические изображения пленок различаются, что может быть связано с различной степенью эксфолиации образцов. При эксфолиации интеркалированного образца получаются более мелкие частицы, которые равномерно наносятся на кварцевую подложку в виде тонкой пленки. При эксфолиации с нагревом осаждённого образца получаются большие частицы, которые наносятся «островками».

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-00188).

1. E.V. Gordeev, M.A. Mashkovtsev, D.K. Aleshin, S.V. Buynachev, N.V. Zhirenkina, E.O. Baksheev and D.A. Danilov, AIP Conference Proceedings 2174, 020020 (2019).

РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕССНОЙ МЕТОДИКИ ПОЛУКОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА $KAlCl_4$ МЕТОДОМ ФУРЬЕ-ИК СПЕКТРОМЕТРИИ

Попиловская К.Л[1], Данилов Д.А.[1], Ившина А.А.[1], Половов И.Б.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, ул. Мира 19.
E-mail: p_k_l_98@mail.ru

EXPRESS SEMI-QUANTITATIVE ANALYSIS METHOD OF $KALCL_4$ BY DIFFUSION REFLECTION FOURIER-IR SPECTROMETRY

Popilovskaya K.L.[1], Danilov D.A.[1], Ivshina A.A.[1], Polovov I.B.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, st. Mira 19, Russia.

Applicability of IR diffusion reflection method was investigated for semi-quantitative determination of oxygen containing impurities in $KAlCl_4$.

Хлоралюминатные расплавы являются низкоплавкими растворителями хлоридов различных элементов. Такая особенность хлоралюминатных расплавов может быть использована для разработки новых и совершенствования действующих технологических процессов разделения тетрахлоридов циркония и гафния, и их очистки от примесей.

Для правильной организации процесса необходимо контролировать не только элементный состав технологический среды, но и молекулярный. Ценную информацию предоставляет развернутый анализ замороженных плавов хлоралюмината. Для этого применяются различные методы. Так рентгенофазовый анализ позволяет определить фазовый состав проб. Однако метод не чувствителен к аморфным составляющим. Другим методом аттестации хлоридных систем зарекомендовал себя рентгенофлуоресцентный анализ. Он позволяет определить элементный состав проб и такой важный параметр, как соотношение Al и K. Метод высокотемпературной газовой экстракции устанавливает общее содержание кислорода, но, на данный момент, безотносительно соединения, в которое он входит. Таким образом, для получения объективных данных об объекте анализа необходимо применение целого ряда сложных трудоёмких методов.

ИК спектрометрия основана на явлении поглощения химическими веществами инфракрасного излучения с одновременным возбуждением колебаний молекул. С помощью метода можно определять, как кристаллические, так и аморфные вещества, идентифицировать наличие таких соединений, как $AlCl_4^-$, $AlCl_3 \cdot nH_2O$, определять группировки Al-O, O-H и другие. Метод отличается простотой применения, особенно при использовании приставки диффузионного отражения. Хотя в такой конфигурации он признаётся методом

полуколичественного анализа, но экспрессное получение ценной информации может представлять интерес для осуществления цехового контроля протекания процесса.

В работе был использован ИК-Фурье спектрометр Nicolet iS10 с приставкой диффузионного отражения Smart Diffuse Reflectance. Предварительно пробу измельчали в перчаточном боксе с контролируемой атмосферой. Измерения ИК спектров проводили сразу после приготовления и в процессе контакта с воздухом. Изменение спектральной картины представлено на рисунке 1. Кроме того, общее содержание кислорода было определено до и после эксперимента методом высокотемпературной газовой экстракции.

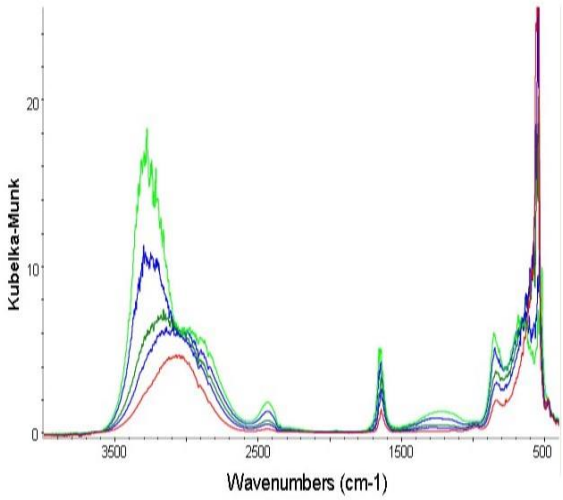


Рис. 1. ИК спектры поглощения $KAlCl_4$ при выдержке на воздухе

В ИК спектрах были обнаружены полосы:

AlOH (3000-3500, 750-900 $см^{-1}$); H_2O (3000-3300, 1640 $см^{-1}$); $AlCl_4^-$ (550 $см^{-1}$).

Общее содержание кислорода (массовая доля) для образцов до и после выдержки на воздухе составило 0,59 % и 26 %, соответственно.

Измеренная величина функции Кубелки-Мунка была сопоставлена с общим содержанием кислорода для исходного образца и образца после выдержки на воздухе. Определен коэффициент чувствительности. Эти данные могут лечь в основу экспрессной, недорогой методики полуколичественного анализа молекулярного состава замороженных плавов хлоралюмината.

1. К. Накомото, «ИК спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений» (Мир, Москва, 1991)

2. Ю. Беккер, «Спектроскопия» (Техносфера, Смоленск, 2007)

3. Б. Н. Тарасевич, « ИК спектры основных классов органических соединений» (МГУ, Москва, 2001)

4. Н. Г. Бахшиев, «Введение в молекулярную спектроскопию» (Издательство ленинградского университета, Ленинград, 1987)

ЭНЗИМОПОДОБНАЯ КАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИОКСИДА ЦЕРИЯ, СТАБИЛИЗИРОВАННОГО МАЛЬТОДЕКСТРИНОМ

Пронина М.О[1], Бакшеев Е.О[1], Машковцев М.А[1], Бажукова И.Н.[1]

[1)] Уральский Федеральный университет
E-mail: 1797masha@gmail.com

THE ENZYME-LIKE CATALYTIC ACTIVITY OF MALTODEXTRIN-STABILIZED CERIUM OXIDE NANOPARTICLES

Pronina M.O[1], Baksheev E.O[1], Mashkovtsev M.A.[1], Bazhukova I.N.[1]

[1)] Ural Federal University

The work is devoted to the synthesis and study of the physicochemical properties of nanocrystalline cerium and sols prepared on its basis. It was shown that the stabilization of cerium dioxide nanoparticles using maltodextrine allows to obtain more stable and finely dispersed sols

Наночастицы оксида церия (CeO_2) представляют собой перспективный объект для различных применений, в том числе для биомедицинских исследований [1-3]. Наночастицы CeO_2 характеризуются кислородной нестехиометрией. [2]. Образование кислородных вакансий приводит к восстановлению ионов церия до состояния Ce^{3+} на поверхности частиц. Такое свойство коррелирует с каталитической активностью наночастиц оксида церия и, вероятно, отвечает за их биологическую активность [4].

Эффективность применения наночастиц CeO_2 в медицине напрямую связана с химическими свойствами их поверхности, которые в основном являются результатом методов синтеза наночастиц. Использование токсичных предшественников или стабилизаторов в синтезе может значительно ограничить область биомедицинских применений этого материала. Поэтому возникает проблема синтеза стабильных и нетоксичных наночастиц CeO_2. К настоящему времени предложено большое количество методов синтеза наночастиц CeO_2 [1]. Однако наночастицы, синтезированные по предлагаемым методам, не всегда удовлетворяют требованиям биосовместимости. Поэтому в данной работе были синтезированы нетоксичные наночастицы CeO_2, стабилизированные мальтодекстрином, и проведено исследование их свойств с помощью оптической спектроскопии. Синтез наночастиц проводился по статье [5]. Преимущество этого метода заключается в способности регулировать размер получаемых наночастиц путем изменения концентраций соединений церия и мальтодекстрина, что позволяет изменять его биологическую активность.

Спектры оптического поглощения регистрировали с помощью спектрофотометра Helios Alpha (λ = 190-1000 нм), снабженного программным обеспечением Vision 32. Каталазоподобную активность наночастиц CeO_2 изучали путем

измерения оптического поглощения суспензий до и после добавления перекиси водорода. Пероксидазную активность CeO_2 определяли с использованием реагента TMB (тетраметилбензидин) методом ELISA.

Было обнаружено, что оксид церия демонстрирует каталазу-имитирующую активность. Эта активность проявляется в нейтральной и щелочной средах, тогда как в кислой среде это поведение подавляется. Наночастицы CeO_2, стабилизированные мальтодекстрином, также проявляют пероксидазную активность. Активность оксида церия линейно возрастает в диапазоне концентраций от 0 до 0,1%.

Исследование возможностей использования этого материала в биомедицинской практике требует дальнейших исследований его свойств, а также проведения эксперимента по оценке цитотоксичности нанопорошка.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-00188)

1. S. Das et al., Nanomedicine. 8 (2013) 1483
2. A.B. Sherbakov et al., Biotechnology. 4 (2011) 9.
3. C.W. Sun et al., Journal of Solid State Electrochemistry. 14 (2010) 1125.
4. V.K. Ivanov et al., Chemistry Success. 78 (2009) 924.
5. Patent of the Russian Federation No. 2484832, 04.04.2012.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИМЕСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВЫСОКОЧИСТОМ ОКСИДЕ СКАНДИЯ

Романова Д.О.[1], Лисиенко Д.Г[1], Домбровская М.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: daharomanova1234@gmail.com

DETERMINATION OF IMPURITY ELEMENTS IN HIGHLY PURIFIED SCANDIUM OXIDE

Romanova D.O.[1], Lisienko D.G.[1], Dombrovskaia M.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This work is devoted to study the analytical abilities of the ICP-MC method for the determination of impurity elements in highly purified scandium oxide.

В настоящее время оксид скандия находит применение в производстве высококачественного оптического стекла, высокотемпературной керамики и сверхпроводников. Потребительские свойства материала существенно зависят от содержания примесей, определение которых требует применения современных высокочувствительных методов анализа, характеризующихся низкими пределами

обнаружения. Одним из таких методов является масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой в качестве источника ионов (ICP-MS).

С учетом того, что анализируемой формой пробы в ICP-MS является раствор, предложен и реализован «стерильный» вариант растворения оксида скандия, исключающий возможность внесения в раствор аналитов из окружающей среды. Для учета примесей, вносимых с растворителями, в качестве бланка использовали раствор, по составу соответствующий растворителю.

При разработке и опробовании методики определения более 70 элементов в азотнокислом растворе скандия измерения проводили на масс-спектрометре Elan 9000 («Perkin Elmer», США). Методом линейных экспериментов оптимизированы параметры работы масс-спектрометра, а именно: мощность высокочастотного генератора и скорость транспортирующего потока аргона. Исследовано влияние концентрации скандия на аналитические сигналы аналитов. Отмечено значительное уменьшение интенсивности пиков ионов при увеличении концентрации основного компонента, обусловливающее необходимость поддержания в растворах проб и образцов для градуировки одинакового содержания скандия, не превышающего 1 г/дм^3. Эффект гашения отсутствует только при концентрации скандия не превышающей 50 мг/дм^3. В этом случае возможна градуировка спектрометра по чистым растворам аналитов. Однако при анализе таких разбавленных растворов ухудшаются пределы обнаружения.

Оценены метрологические и информационные характеристики методики.

АЛЮМИНОТЕРМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ ИЗ МЕТАЛЛОВ IV И V ГРУПП

Русских А.С.[1], Красиков С.А.[1], Жилина Е.М.[1]

[1)] Институт металлургии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, ул. Амундсена, 101
E-mail: Russkih_A_S@mail.ru

ALUMINOTHERMIC SYNTHESIS OF HIGH ENTROPY ALLOYS FROM METALS IV AND V GROUP

Russkih A.S.[1], Krasikov S.A.[1], Zhilina E.M.[1]

[1)] Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 101, Amundsen street, Ekaterinburg, Russia 620016

The analysis of literature data on the available methods for producing high entropy alloys is carried out. The technique of aluminothermic reduction of metals from oxides in the synthesis of the equiatomic AlNbTiVZr alloy was tested.

Первые упоминания о высокоэнтропийном сплаве отмечены в 2004 году. Идея данных сплавов заключалась в их высокой энтропии смешения, что предполагало отход от традиционных методов легирования, подразумевающих один

или два основных базовых элемента в сплаве. Новый подход предусматривал переход к концепции многокомпонентных сплавов, где все элементы находятся в эквиатомном соотношении друг к другу. Перспектива развития высокоэнтропийных сплавов направлена на создание так называемых термостойких композиций. Микроструктура высокоэнтропийных сплавов аналогична микроструктуре традиционных сплавов, но твердый раствор состоит из многоэлементной матрицы, в которой могут быть включения упрочняющих фаз в виде интерметаллических соединений.

К наиболее известным методам получения высокоэнтропийных сплавов относят: вакуумно-дуговое плавление [1], механическое сплавление [2] и лазерное плакирование [3]. Перечисленные методы основаны на смешении и сплавлении компонентов с химической чистотой 99.99%, что предполагает большую стоимость получения данных сплавов при промышленном производстве. Для улучшения экономических показателей можно использовать в технологии сплавов стадию алюминотермического восстановления металлов из относительно недорогих оксидов. В настоящей работе такой подход был апробирован при синтезе высокоэнтропийного сплава AlNbTiVZr в печи сопротивления. Химический анализ показал близкий к эквиатомному состав сплава. Рентгенофазовый анализ выявил структуру твердого раствора Zr(Nb,V) с включениями фаз интерметаллидов TiAl, $ZrVTi_2$ $ZrNb_2$.

Работа выполнена по Государственному заданию ИМЕТ УрО РАН с использованием оборудования ЦКП «Урал-М»

1. Senkov O. N., Scott J. M., Senkova S. V., Meisenkothen F., Miracle D. B., Woodward C. F. Microstructure and elevated temperature properties of a refractory TaNbHfZrTi alloy // J Mater Sci 2012, 47, 4062–4074.

2. Murty B.S., Ranganathan S., Novel materials synthesis via mechanical alloying // Int. Mater. Rev. 1998, 43, 101–141.

3. Qiu X.-W., Zhang Y.-P., He L., Liu C.-G., Microstructure and corrosion resistance of AlCrFeCuCo high entropy alloy // Journal of Alloys and Compounds 2013, 549, 195–199.

РАСТВОРИМОСТЬ ОКСИДА НЕОДИМА В СОЛЕВЫХ РАСПЛАВАХ НА ОСНОВЕ ГАЛОГЕНИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ И ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

Рыжов А.А.[1], Петров А.И.[1], Иванов А.Б.[1], Мухамадеев А.С.[1], Щетинский А.В.[1], Половов И.Б.[1], Волкович В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: ryzh0v@mail.ru

NEODYMIUM OXIDE SOLUBILITY IN MOLTEN SALTS BASED ON ALKALI AND ALKALI-EARTH HALIDES

Ryzhov A.A.[1], Petrov A.I.[1], Ivanov A.B.[1], Mukhamadeev A.S.[1], Shchetinskiy A.V.[1], Polovov I.B.[1], Volkovich V.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Molten salt composition influence on neodymium oxide solubility were studied in systems based on CaF_2–BaF_2 (50 mol. %), $CaCl_2$–CaF_2 (20 mol. %), $CaCl_2$–CaF_2 (75 mol. %), $BaCl_2$–BaF_2 (15 mol. %), $BaCl_2$–BaF_2 (73 mol. %) mixtures. Temperature dependencies of solubility were calculated.

Расплавленные смеси на основе галогенидов щелочных и щелочноземельных металлов считаются перспективными рабочими средами для получения редкоземельных металлов (РЗМ), в том числе неодима [1]. Основной проблемой при электролизе фторидных расплавов является выделение на аноде газообразного фтора. Эту проблему можно решить путём введения в расплав оксидного соединения РЗМ. Однако в этом случае лимитирующим фактором становится относительно малая растворимость оксидов РЗМ в расплавах.

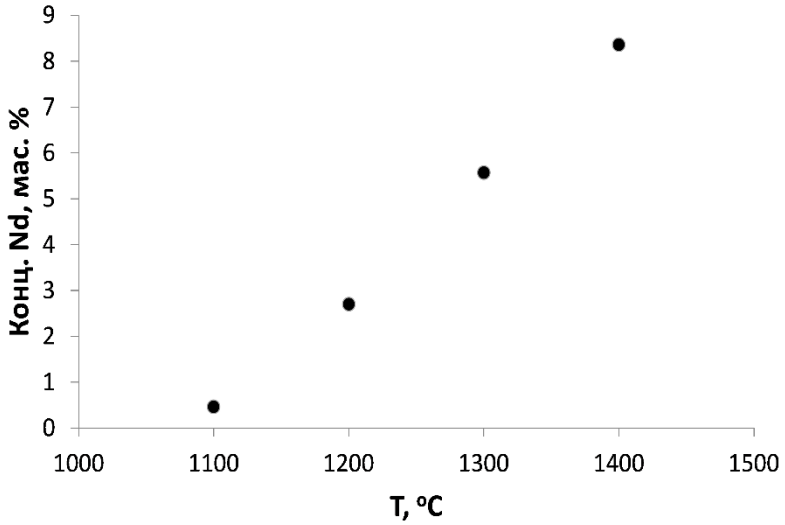


Рис. 1. Концентрация неодима в расплавах на основе $CaCl_2$–CaF_2 (75 мол. % CaF_2), насыщенных оксидом неодима.

Целью данной работы являлось экспериментальное определение растворимости оксида неодима в расплавленных солевых системах, на основе смесей хлоридов и фторидов щелочных и щелочноземельных металлов. Растворимость оксида неодима была измерена в системах $CaCl_2$–CaF_2 (20 мол. % CaF_2), $CaCl_2$–CaF_2 (75 мол. % CaF_2), $BaCl_2$–BaF_2 (15 мол. % BaF_2), $BaCl_2$–BaF_2 (73 мол. % BaF_2), CaF_2–BaF_2 (50 мол. % BaF_2) и NaCl–NaF (34 мол. % NaF). Большинство использованных солевых смесей имеют относительно высокие температуры плавления, эксперименты проводили в высокотемпературной печи с инертной атмосферой (аргон) в диапазоне от 900 до 1400 ℃ для расплавов на основе галогенидов щёлочноземельных металлов и от 750 до 930 ℃ для смеси NaCl–NaF.

На рисунке 1 представлен пример полученной температурной зависимости массовой концентрации неодима в расплаве на основе $CaCl_2$–CaF_2 (75 мол. % CaF_2), насыщенном оксидом неодима.

1. Chen Z., She Ch, Zheng H., Huang W., Zhu T., Jiang F., Gong Y., Li Q., Electrochemical deposition of neodymium in LiF–CaF_2 from Nd_2O_3 assisted by AlF_3, Electrochimica Acta, 2018, vol. 261, p. 289-295.

СИНТЕЗ МОНОКРИСТАЛЛА НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКОГО МОНООКСИДА НИОБИЯ

Валеева А.А.[1, 2], Салихянова Л.Р.[2], Рempель А.А.[1, 2, 3]

[1)] Институт химии твердого тела УрО РАН, Екатеринбург
[2)] Уральский Федеральный Университет им. первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург
E-mail: louisesalikhianova@gmail.com

SYNTHESIS OF A SINGLE CRYSTAL OF A NONSTOICHIONETRIC NIOBIUM MONOXIDE

Valeeva A.A.[1, 2], Salikhianova L.R.[2], Rempel A.A.[1, 2, 3]

[1)] Institute of Solid State Chemistry, Ural Branch of the RAS, Yekaterinburg Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[3)] Institute of Metallurgy, Ural Branch of the RAS, Yekaterinburg, Russia

Nonstoichiometric niobium monoxide (NbO_y) powder was synthesized by chemical reaction of Nb_2O_5 with metal Nb at 1400-1600 °C in the vacuum. A single crystal was further grown from the synthesized powder. Samples were characterized by XRD, SEM, EDAX and EBSD.

Монооксид ниобия относится к группе сильно нестехиометрических соединений, обладает дефектной структурой, содержит по 25 ат.% вакансий в двух подрешетках одновременно [1].

Монооксид ниобия является сверхпроводником, обладает высокой электронной проводимостью, но в отличие от металлического ниобия плотность электронных состояний в зоне проводимости значительно меньше. Однако, несмотря на это, NbO проявляет очень высокую теплопроводность [2].

Нестехиометрический монооксид ниобия NbO_y был синтезирован в твердофазном состоянии из смеси порошков металлического ниобия Nb и пентаоксида ниобия Nb_2O_5. Синтез проводился при температуре 1673 K в вакууме около 1 мПа с последующим гомогенизирующим отжигом в таком же вакууме при температурах 1773 и 1873 K с промежуточным перетиранием [3]. Аттестация образцов монооксида ниобия по фазовому составу, степени гомогенности и типу кристаллической структуры проведена рентгено-дифракционным методом. Рентгенограммы получены на автодифрактометре Shimadzu XRD-7000. Анализ показал, что порошки гомогенные, содержат только одну упорядоченную кубическую фазу со структурой Pm-3m, а период кристаллической решетки равен a = 421.2 пм.

Рост монокристаллов NbO_y был проведен из синтезированных микрокристаллов методом бестигельной зонной плавки на установке УРН – 2 – 3П (МЭИ, Россия) с радиационным нагревом в ИФМ УрО РАН. В качестве заготовки и

затравочного кристалла был использован поликристаллический NbO_y, запрессованный в стержни различного диаметра. Форма и поверхность монокристаллов была изучена с помощью сканирующей электронной микроскопии (Quanta 200 Pegasus (FEI), для изучения химического и элементного состава выращенных монокристаллов был использован EDAX-анализ. Дифракция отраженных электронов (EBSD) была использована для исследования текстуры и кристаллографических ориентаций монокристаллов монооксида ниобия.

Анализ дифракционной картины и пересечения линий Кикучи показал, что монокристалл монооксида ниобия имеет преимущественный рост в направлении [111]. Полученный таким способом монокристалл может обладать свойствами сверхпроводника и может быть использован в электронике в качестве контактов для конденсаторов [4].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-73-20012) в ИХТТ УрО РАН и ОИ (ФТИК).

1. Gusev A.I., Rempel A.A. et. al., Disorder and Order in Strongly Nonstoichiometric Compounds: Transition metal carbides, nitrides and oxides.–Berlin–Heidelberg: Springer (2001).

2. Bach D., EELS investigations of stoichiometric niobium oxides and niobium-based capacitors. PhD dissertation. Universität Karlsruhe – Mulhouse (2009).

3. Nico C., Moteiro T. et. al., Progress in Materials Science. Niobium oxides and niobates physical properties: Review and prospects , 80, 1 (2016).

4. Gao W., Ono Y. MOSFET structures with conductive niobium oxide gates // US Patent № US 7,129,552 B2. (2006).

ПРОБОПОДГОТОВКА СУРЬМЯНИСТЫХ РУД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЙ МАКРО- И МИКРОКОМПОНЕНТОВ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ АНАЛИЗА

Салтыкова Ю.П.[1], Абрамов А.В.[1], Чукин А.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет
E-mail: yulya.saltykova.1998@mail.ru

PREPARATION OF ANTIMONY ORE SAMPLES FOR DETERMINING THE CONTENTS OF MACRO- AND MICROCOMPONENTS BY XRF

Saltykova Y.P.[1], Abramov A.V.[1], Chukin A.V.[1]
[1)] Ural Federal University

XRF is a convenient method for the quantitative analysis of antimony sulfide ores. A technique for preparing samples of antimony ores for analysis by high-temperature oxidation of samples in air has been developed and described.

Методика анализа руд разрабатывается для эффективной переработки сурьмянистых сульфидных руд, добываемых на Удерейском месторождении (Россия). Наиболее удобным мультиэлементным методом анализа руд является рентгенофлуоресцентная спектрометрия, поскольку позволяет работать с твердыми образцами и определять заданные аналиты. Главной проблемой на этапе разработки методики является отсутствие на рынке стандартных образцов и сложность их синтеза по причине отсутствия чистых сульфидных материалов, необходимых для создания образцов сравнения. Изготовление образцов сравнения на базе имеющихся рудных материалов иным методом также проблематично, потому что пробы сульфидно-оксидной руды крайне сложно количественно перевести в жидкую фазу.

В связи с вышеперечисленным было принято решение осуществлять пробоподготовку высокотемпературным окислением проб на воздухе до оксидного состояния, что позволяет относительно просто синтезировать образцы для градуирования на основе оксидной матрицы. Был проведен рентгенофазовый анализ исходной руды и установлено, что основными фазами в исследуемых образцах являются: кварц (SiO_2) – 48,1 %, стибнит (Sb_2S_3) – 26,6 %, мусковит ($KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$) – 14,6 %, галлуазит ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) – 5,3 %, пирит ($FeS_2$) – 1,1 %.

Установлено, что для полного перевода сульфидных фаз в оксидные прокаливание должно проводиться при 500 °С в течение 4 часов (при массе навески 10 г). В этом случае остаточное содержание сульфидной фазы после прокаливания не превышает 0,2 %. Проведенный рентгенофазовый анализ показал, что пробы после прокаливания имеют следующий состав: кварц (SiO_2) – 57,6 %, оксид сурьмы (Sb_2O_3) – 15,2 %, мусковит ($KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$) – 12,7 %, галлуазит

($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) – 8,1 %. Синтез образцов сравнения с таким фазовым составом может быть осуществлен с использованием индивидуальных оксидов аналитов.

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ РАСПЛАВОВ xLi_2O-$(100-x)B_2O_3$

Самойлова М.А.[1], Хохряков А.А.[1], Иванов А.В.[1], Рябов В.В.[1]

[1)] Институт металлургии УрО РАН, 620016 г. Екатеринбург, ул. Амундсена 101
E-mail: mari.makarenko.1993@mail.ru

ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF MELTS xLi_2O-$(100-x)B_2O_3$

Samoylova M.A.[1], Khokhryakov A.A.[1], Ivanov A.V.[1], Ryabov V.V. [1]

[1)] Institute of metallurgy, Ural branch of Russian Academy of Science, 620016 Ekaterinburg, Amundsena st. 101

The electrical conductivity of meltS xLi_2O-$(100-x)B_2O_3$ was measured by method AC bridge (T=900-1400K). The electrical conductivity has risen with in the growth of concentration of lithium oxide. It is explained by changing structure melts.

Боратные расплавы являются основой многих электролитов, шлаков и флюсов, использующихся в технологии получения металлов, сплавов, полупроводниковых кристаллов и стекол. Разработка перспективных технологий с участием боратных расплавов требует знания их физико-химических свойств.

Щелочноборатные расплавы находят применение в качестве ионных проводников, в которых функции носителя заряда выполняют ионы щелочных металлов. Электропроводность таких расплавов тесно связана с концентрацией и подвижностью катионов среды.

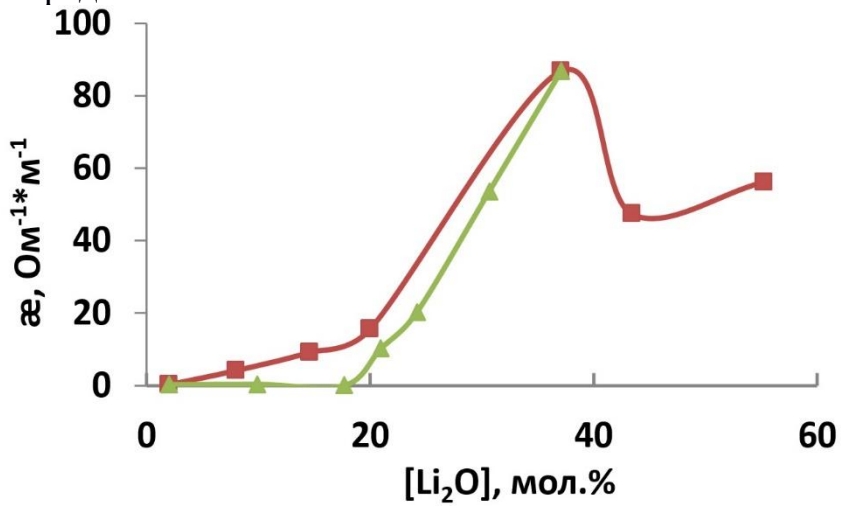


Рис. 1. Зависимость электропроводности расплавов xLi_2O-$(100-x)B_2O_3$ от концентрации оксида лития.

Ранее были изучена структура боратных расплавов [2].

Была измерена электропроводность литийборатных расплавов методом моста переменного тока в области температур 900-1400 K при следующих концентрациях оксида лития (мол. % 2; 6,7; 8; 9,91; 14,6; 17,7; 20; 24,2; 30; 37,1; 43,4; 55,22).

Из рисунка 1 видно, что электропроводность растет с увеличением в расплаве концентрации оксида лития. Во всей концентрационной области наблюдается разброс значений æ. Границы области разброса выделены в виде двух кривых (рисунок 1) Ранее было отмечено, что боратные расплавы содержат примеси гидратных групп. Концентрация этих групп снижается при высокотемпературной выдержке в высокощелочных расплавах. Электропроводность (æ) является суммарным, коллективным процессом, в котором участвуют ионы щелочного металла и оксигидрильных групп. Контакт с влагой атмосферы деполимеризует щелочноборатные расплавы, приводя к образованию группировок типа BO_2OH и B_3O_5OH. Это в целом увеличивает электропроводность.

1. Shartsis L., Capps W. Spinners. Viscosity and Electrical Resistivity of Molten Alkali Borates. J. Amer. Ceram. Soc. 1953. V.36. №10. P. 319-326.

2. T.Yano, N.Kunimine, S. Shibata, M. Yamane. Structural investigation of sodium borate glasses and melts by Raman spectroscopy. III. Relation between the rearrangement of superstructures and the properties of glass. J. of Non-Crystalline Solids. 2003. V. 321. P. 157–168.

АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Сехлеян О.Э.[1], Воронина А.В. [1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: gorni1226@mail.ru

LONG-TERM DYNAMICS ANALYSIS OF MORBIDITY OF CHILIDREN'S POPULATION IN SVERDLOVSK REGION

Sekhleyan O.E.[1], Voronina A.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The environmental pollution effect on the children's health of the Sverdlovsk region has been estimated. The children's congenital pathology is most often in Ural'skii settlement, Sredneural'sk and Verkhnyaya Pyshma. These cities fall into the impact zone of plants of chemical/metallurgy industry.

В связи со всевозрастающим негативным воздействием промышленного производства на окружающую среду, актуальны исследования по выявлению влияния этого воздействия на здоровье населения, в том числе детей. Выполненная работа представляет собой продолжение исследований по выявлению

взаимосвязи между уровнем здоровья детей и загрязнением окружающей среды, особенностей влияния качества окружающей среды на врожденные патологии у детей в период их критического роста. Наиболее высокий уровень патологий наблюдается в зонах, попадающих под влияние промышленных предприятий различного профиля деятельности.

Выполнен анализ многолетней динамики заболеваемости детского населения Свердловской области. Данные для анализа предоставлены Государственным автономным учреждением здравоохранения Свердловской области «Многопрофильный клинический медицинский центр «Бонум».

С целью выявления групп повышенного риска проанализированы данные по заболеваемости детей за период 2012-2018 гг по следующим группам заболеваний: врождённая челюстно-лицевая патология (ВЧЛП), врождённая глухота (данные ОДСЦ - областного детского сурдологического центра), дефекты костей (данные ОДОртЦ – Областного детского ортопедического центра), заболеваний центральной нервной системы (ЦНС). Проведена статистическая обработка данных: расчет среднего арифметического уровня заболеваемости и погрешности его определения [1]. Построены диаграммы отражающие динамику изменения показателей заболеваемости по городам Свердловской области и болезням. Выполненный анализ позволит изучить направленность, обосновать причины, выявить закономерности циклических изменений, определяющих тенденции и периодические колебания заболеваемости на различных территориях и в отдельных группах населения.

Основываясь на проведенном анализе, было выявлено, что в 2012-2018гг. определенная врождённая патология у детей чаще всего встречается в городах: ОДОртЦ – Верхняя Пышма, Заречный, Верхнее Дуброво; ОДСЦ – Поселок Уральский, Среднеуральск, Ирбит; ЦПН - Поселок Уральский, Среднеуральск, Верхняя Тура; ВЧЛП – Поселок Уральский, Среднеуральск, Волчанск, Белоярский. Перечисленные города попадают в зону влияния предприятий химической и металлургической промышленности.

Авторы благодарят Государственное автономное учреждение здравоохранения Свердловской области «Многопрофильный клинический медицинский центр «Бонум» за предоставленные для анализа данные.

1. Слободенюк А.В., Косова А.А., Ан Р.Н. Эпидемиологический анализ. Екатеринбург: изд. ГБОУ ВПО УГМУ Минздрава России (2015)

ЕСТЬ ЛИ ЧАСТИЦЫ МИКРОПЛАСТИКА В СОВРЕМЕННЫХ АНТРОПОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ГОРОДОВ РОССИИ?

Селезнев А.А.[1, 2], Панкрушина Е.А.[2], Михалевский Г.Б.[1, 2]

[1)] Уральский Федеральный университет
[2)] Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения РАН
E-mail: Sandrian@rambler.ru

DO THE CONTEMPORARY URBAN SURFACE SEDIMENTS CONTAIN PARTICLES OF MICROPLASTIC?

Seleznev A.A.[1, 2], Pankrushina E.A.[2], Michalevsky G.B.[1, 2]
[1)] Ural Federal University
[2)] A.N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, UB RAS, Ekaterinburg, Russia

Polymer materials in cities are used everywhere. Polymer particles (microplastics) are searched by visual diagnostics and Raman scattering in particle size fractions 1 mm in samples of urban surface deposited sediments in several russian cities.

Полимерные материалы в городах используются повсеместно. Литературные данные говорят о постоянно увеличивающемся количестве мелких продуктов разрушения полимерных материалов (пластиков) во всем мире от года к году [1, 2]. Предполагается, что частицы микроплатика могут находиться в урбанизированной среде и накапливаться на поверхностях вместе с современными антропогенными отложениями [3]. Проводится поиск полимерных частиц (микропластика) методами визуальной диагностики и методом рамановского рассеяния в гранулометрических фракциях <1 мм из проб отложений локальных понижений микрорельефа (иными словами городских наносов или поверхностного грязевого осадка). Пробы были собраны по нерегулярной сети в жилых кварталах в городах Нижний Новгород, Ростов-на-Дону, Нижний Тагил, Челябинск, Тюмень, Магнитогорск, Пермь, Уфа (не менее 40 проб отложений в каждом городе) [3].

Пробы отложений были фракционированы по гранулометрическому составу. Гранулометрические навески 250-1000 мкм, 100-250 мкм, 50-100 мкм, 10-50 мкм и 2-10 мкм для каждой пробы получены комбинацией методов отмучивания и мокрого ситования [3]. Гранулометрические навески воздушно сухого материала для проведения рамановских исследований в количестве 10 штук выбирались случайным образом из общего количества гранулометрических навесок из всех городов.

Рамановская спектроскопия и картирование проводились на спектрометре LabRam HR 800 Evolution. Источник первичного излучения – Ar лазер, с длиной волны возбуждения 488 нм. Дифракционная решетка 600 штр/мм. Поиск частиц выполнен при помощи автоматического перемещения моторизованного столика по образцу (получение рамановской гипер-карты распределения спектральных

параметров). Картирование выполнено по характеристическим линиям пластика порядка 1000 см-1 [4]. Наличие частиц предполагалось оценивать по присутствию характеристических спектральных линий.

По данным рамановского картирования, на данном этапе, микропластик не был обнаружен ни в одной из исследуемых проб. В основном для проб с размером частиц 100-250 мкм характерно присутствие углерода и кварца (рис. 1); в пробах с размером частиц 2-10 мкм могут встретиться кварц, углерод, кальцит, апатит, гематит (рис. 1).

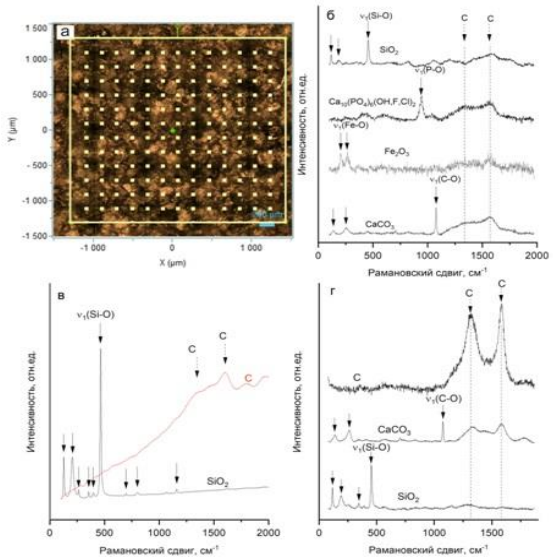


Рис. 1. Микрофотография пробы 54/123 (Ростов-на-Дону, 100-250 мкм), желтый - разметка карты (шаг 200 мкм) (а); спектры рамановского рассеяния в пробах 17/018 (Нижний Новгород, 2-10 мкм) (б), 54/123 (Ростов-на-Дону, 100-250 мкм) (в), 45/105 (Ростов-на-Дону, 100-250 мкм) (г). Стрелка - колебания фаз.

Таким образом, попытка поискового исследования микропластика в современных антропогенных отложениях городов России, позволила предположить, что количество его частиц размером <1 мм незначительно. Дальнейшие исследования подразумевают совершенствование методических подходов к поиску микрочастиц пластика и анализа их методом Рамановской спектроскопии.

Работа проводится при финансовой поддержке РФФИ (грант № 19-35-60011) и РНФ (грант № 18-77-10024). Рамановские исследования выполнены в ЦКП "Геоаналитик" в рамках государственного задания ИГГ УрО РАН №АААА-А18-118053090045-8.

1. Geyer R., Jambeck J.R., Law K.L. Production, use, and fate of all plastics ever made, Sci. Adv. 3 (2017), 1700782.

2. He D., Luo Y., Lu S., Liu M., Song Y., Lei L. Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. Trends in Analytical Chemistry. 2018. 109. 163-172.

3. Seleznev, A., Rudakov, M. Some geochemical characteristics of puddle sediments from cities located in various geological, geographic, climatic and industrial zones. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, Volume 14, Issue 1, 2019, P. 95-106.

4. Käppler, A., Fischer, D., Oberbeckmann, S., Schernewski, G., Labrenz, M., Eichhorn, K. J., & Voit, B. (2016). Analysis of environmental microplastics by vibrational microspectroscopy: FTIR, Raman or both? Analytical and Bioanalytical Chemistry. https://doi.org/10.1007/s00216-016-9956-3

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОРБЦИИ РАДИЯ-223 И ПОЛОНИЯ-210 НА ТОНКОСЛОЙНОМ ДИОКСИДЕ МАРГАНЦА

Семенищев В.С.[1], Томашова Л.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет
E-mail: vovius82@mail.ru

THE STUDY OF SORPTION OF RA-223 AND PO-210 BY A THIN-LAYER MANGANESE DIOXIDE

Semenishchev V.S.[1], Tomashova L.A.[1]
[1)] Ural Federal University

The work focuses on sorption of radium and polonium by a MnO_2-CTA sorbent. The maximal sorption of Ra (75-80%) and Po (12%) was achieved after one day of sorption. For Ra, decrease of quality of alpha spectrum was observed during sorption that can be explained by its diffusion into MnO_2 layer.

Согласно рекомендациям МКРЗ предполагается одинаковый подход к нормированию техногенных и природных радионуклидов. В частности, это выражается в повышенном интересе к контролю и нормированию таких радиотоксичных природных изотопов как Rn-222, Ra-226, Ra-228, Pb-210, Po-210, Th-232, Ac-227, U-238 и т.д. в продуктах питания и питьевой воде. На кафедре радиохимии и прикладной экологии УрФУ для анализа альфа-излучающих изотопов радия был предложен метод сорбции на тонкослойном диоксиде марганца, нанесенном на плоскую подложку из триацетатцеллюлозы (MnO_2-ТАЦ) с последующим непосредственным альфа-спектрометрическим измерением образца. При этом диоксид марганца не является селективным сорбентом для радия и может также сорбировать другие альфа-излучатели.

Среди критериев, влияющих на анализ активности альфа-излучателей можно выделить химический выход аналита и качество получаемого альфа-спектра, основным параметром которого является ширина пика на половине высоты (ШППВ), зависящая преимущественно от толщины альфа-источника.

В данной работе была изучена сорбция Po-210 и Ra-223 на пленке MnO_2-ТАЦ. На рис. 1 представлены кинетические кривые сорбции радия и полония,

полученные в следующих условиях: площадь образца – 5 см2, объем раствора – 50 мл, pH = 6.

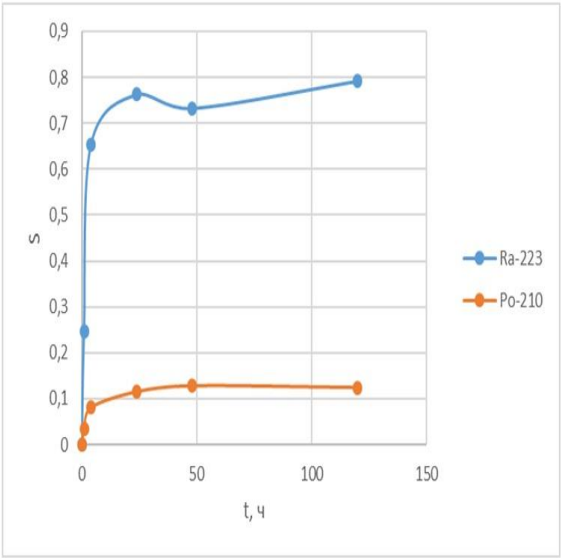


Рис. 1. Кинетические кривые сорбции радия и полония на пленке MnO_2-ТАЦ

Результаты экспериментов показали, что радий сорбируется значительно лучше, чем полоний – достигнутые максимальные степени сорбции составили примерно 80% для радия и 12% для полония. Время достижения сорбционного равновесия в данных условиях для обоих радионуклидов составило примерно 1 сутки.

В то же время было установлено, что при длительном контакте пленки MnO_2-ТАЦ с раствором постепенно происходит увеличение величины ШППВ для пиков радия, в то время как для пика полония ШППВ остается практически постоянной и достаточно близкой к минимальной величине, связанной с аппаратурным разрешением (≈ 40 – 50 кэВ). Уширение пиков радия можно объяснить тем, что происходит диффузия сорбированного радия внутрь порового пространства фазы диоксида марганца, что приводит к торможению альфа-частиц радия и его дочерних продуктов распада вышележащими слоями оксида марганца. В то же время постоянство ШППВ для полония указывает на то, что полоний адсорбируется только на поверхности сорбирующей пленки, что и обусловливает его меньшую степень сорбции.

Таким образом, было установлено, что оптимальное время сорбции радия на пленке MnO_2-ТАЦ составляет 1 сутки, при этом степень сорбции радия составляет 75 – 80%. Кроме того, установлено, что сорбция радия и полония обусловлена различными механизмами, что приводит к различному качеству альфа-спектров для этих элементов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-03-00931.

СИНТЕЗ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА АКТИВИРОВАННЫХ Dy^{3+} МАТРИЦ СО СТРУКТУРОЙ ТИПА АПАТИТ СИЛИКАТА

Шебухова Е.А.[1], Васин А.А.[2], Зуев М.Г.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: katysh26@gmail.com

SYNTHESIS AND SPECTRAL PROPERTIES OF NEW PHOSPHORS WITH APATITE STRUCTURE ACTIVATED BY Dy^{3+}

Shebukhova E.A.[1], Vasin A.A.[2], Zuev M.G.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of solid state chemistry, Russian academy of sciences, Ural branch, Yekaterinburg, Russia

New white-emitting phosphors $Ca_2La_{8-x}Dy_xSi_{5.6}W_{0.4}O_{26.4-\delta}$ (x=0, 0.08, 0.16, 0.32, 0.48, 0.64, 0.8, 0.96, 1.12, 1.28, 1.44) have been synthesized by a citrate-nitrate solutions combustion method, characterized by powder X-ray diffraction and studied by optical spectroscopy techniques.

Люминофоры с общей формулой $Ca_2La_{8-x}Dy_xSi_{5.6}W_{0.4}O_{26.4-\delta}$ (x=0, 0.08, 0.16, 0.32, 0.48, 0.64, 0.8, 0.96, 1.12, 1.28, 1.44) со структурой типа апатит силиката были синтезированы золь-гель методом с использованием цитратно-нитратных растворов. Оксид SiO_2 переведен в гель через механактивацию с лимонной кислотой и этиловым спиртом. Катионы Ca^{2+}, La^{3+}, Dy^{3+} были осаждены в этилцитратную матрицу из растворов соответствующих нитратов, катион W^{6+} был введен после предварительного растворения WO_3 в водном аммиаке. Этиловый спирт с водой в соотношении 1:1 был прилит для обеспечения процесса этерификации. После упаривания и термического разложения, образцы были прокалены при температуре 200-900 °C со скоростью 50 °C/ч, после чего осадок был подвергнут трехстадийному отжигу: t=1350 °C, 15 ч.; t=1400 °C, 40 ч; t=1425 °C, 12 ч.

Методом РФА установлено, что все образцы при синтезе образовали чистую фазу типа апатит силиката (Пр. гр. P 63/m; ICSD 59730). Методами люминесцентной спектроскопии зарегистрирована серия линий: желтая (λ_{em}=571 нм), соответствующая f-f переходу $^4F_{9/2}\rightarrow{}^6H_{13/2}$, голубая ($\lambda_{em}$=477 нм), отвечающая переходу $^4F_{9/2}\rightarrow{}^6H_{15/2}$ и слабая по интенсивности красная линия при переходе $^4F_{9/2}\rightarrow{}^6H_{11/2}$. Наибольшая интегральная интенсивность свечения была выявлена у образца с x=0.16.

Для образцов свойственно белое свечение с цветовыми температурами 4197 K при возбуждении УФ-излучением в области 250-310 нм (f-d полоса поглощения

Dy^{3+}) и 5427 K при возбуждении излучением с длинами волн 310-450 нм (f-f переходы Dy^{3+}). Данная особенность наблюдалась для образцов [1].

1. Sha Jiang. Warm white light emission of apatite-type compound Ca4Y6O(SiO4)6 doped with Dy3+ / Xiaoxia Luo, Yingling Liu, Yufan Zhang, Cong Huang, Yang Wang, Xiaobing Luo, Guotao Xiang, Xiao Tang, Li Li, Xianju Zhou // Materials Research Bulletin– 2018–V.106–P.428-432

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ НА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ РЗЭ ИЗ ФОСФОГИПСА

Шестаков К.Д.[1], Кириллов С.В.[1], Иванов А.В.[1]

[1)] Уральский Федеральный университет
E-mail: kiriya97@mail.ru

RESEARCH OF THE INFLUENCE HYDROTHERMAL TREATMENT ON LEACHING REE OF PHOSPHOGYPSUM

Shestakov K.D.[1], Kirillov S.V.[1], Ivanov A.V.[1]
[1)] Ural Federal University

In world practice, the decomposition of Apatite is carried out mainly by sulfuric acid scheme to obtain an extraction phosphoric acid. The main waste is phosphogypsum (calcium sulfate contaminated with impurities P_2O_5, F, Fe, Al, Sr, REE), which is converted to 75% REE containing Apatite.

Все известные на данный момент способы извлечения РЗМ из фосфогипса, основаны на кислотном выщелачивании растворами серной и других кислот. Однако степень извлечения РЗЭ ограничивалась в диапазоне 20-40 % [1].

Обширные исследования минералогии РЗЭ с фосфогипсом показали, что большинство РЗЭ сокристаллизованы с ним, что препятствует их извлечению. Обнаружено, что гидротермальная обработка суспензии, содержащей фосфогипс, приводит к перекристаллизации гипса с высвобождением фаз РЗЭ находящихся внутри кристаллической решетки. Этот процесс был протестирован на различных образцах фосфогипса. Этот подход имеет большой потенциал для высокоэффективного использования вторичного сырья, связанного с гипсовыми отвалами по всему миру [2].

Процесс предварительной гидротермальной обработки был протестирован в данной работе с использованием различных образцов фосфогипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$, $CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O$, а также фосфогипс с отвала Среднеуральского медеплавильного завода.).

Исследования проводили с использованием автоклава при разных температурах и разных парциальных давлениях с последующим выщелачиванием РЗЭ растворами серной и азотной кислот различных концентраций.

После выщелачивания каждый образец пульпы отфильтровывался и фильтрат анализировался на содержание элементов с помощью масс-спектрометра NexION 350x.

Также исходные образцы и образцы после гидротермальной обработки анализировали на фазовый состав. Анализ проводили на рентгеновском дифрактометре XpertPRO MPD diffractometer.

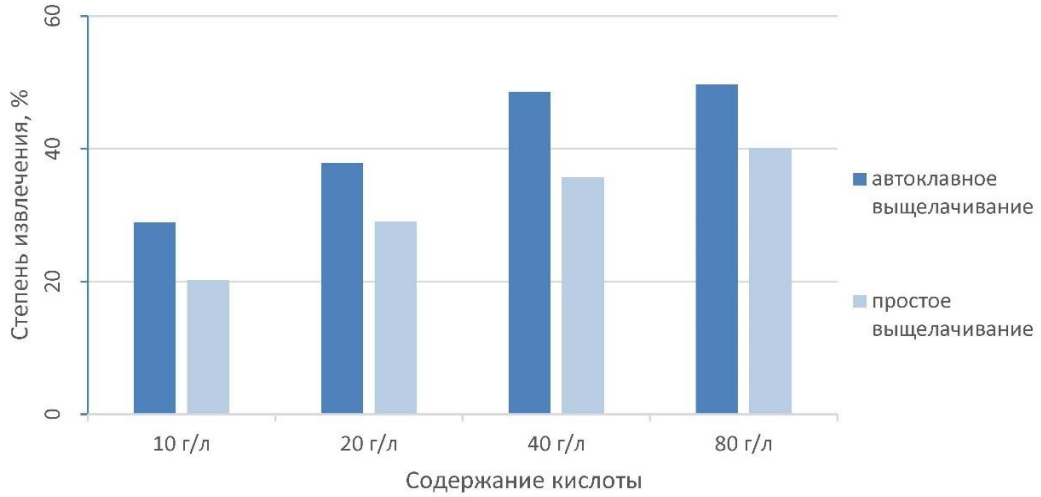


Рис. 1. Влияние концентрации серной кислоты на показатель степени извлечения РЗЭ из ФГ

Исследования показали, что гидротермальная обработка существенно влияет на степень извлечения РЗЭ. Использование предварительной гидротермальной обработки позволяет существенно увеличить степень извлечения РЗЭ из фосфогипса. Степень извлечения РЗЭ увеличилась для: ДСК на 45%, «СУМЗ» на 43% и ПСК на 30%.

Таким образом предлагаемый подход имеет большой потенциал для увеличения выщелачивания РЗЭ из ФГ, что может способствовать повышению комплексности переработки данного вида крупнотоннажных отходов.

1. Локшин Э.П., Вершков А.В., Вершкова Ю.А. Проблемы выделения редкоземельных элементов при сернокислотной переработке хибинского апатитового концентрата: Металлы, №5, С. 17-23, (2000)

2. Olga Yahorava., Wilma Clark., Jakolien Strauss. Hydrothermal Modification of Phosphogypsum to improve Subsequent Recovery of Rare Earths: материалы международной конференции Extraction (2018)., Ottawa.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ НАНОТУБУЛЯРНОГО ДИОКСИДА ТИТАНА

Силенков С.Е.[1], Камалов Р.В.[1], Вохминцев А.С.[1], Мартемьянов Н.А.[1], Вайнштейн И.А.[1]

[1)] НОЦ НАНОТЕХ, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: s.e.silenkov@urfu.ru

PERMITTIVITY DETERMINATION IN NANOTUBULAR TITANIA

Silenkov S.E.[1], Kamalov R.V.,[1], Vokhmintsev A.S.[1], Martemyanov N.A., [1], Weinstein I.A.[1]

[1)] Nanotech Center, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Titania nanotubes array with various morphologies were synthesized by anodization technique. Morphological parameters were regulated depending on the content of water and ammonium fluoride in the electrolyte. Capacitance and permittivity were measured for each sample with different morphology.

Нанотубулярная структура на основе диоксида титана TiO_2-НТ является перспективной для использования в качестве конверторов солнечной энергии, фотокатализаторов, мемристоров и др. Такие структуры получают методом анодирования металлического Ti в органических электролитах, содержащих фтор-ионы. Изменение морфологических параметров нанотубулярного слоя диоксида титана, таких как длина, диаметр, плотность упаковки трубок, может повлечь за собой изменение физических характеристик наноматериала, имеющих важное значение при разработке устройств на основе данной структуры. В связи с этим целью данной работы является получение матриц TiO_2-НТ с различной морфологией и исследование их электрофизических характеристик.

Синтез TiO_2-НТ осуществлялся в двухэлектродной ячейке в потенциостатическом режиме при напряжении 60 В и температуре 20 °С. Анодирование проводилось в две стадии в электролите на основе этиленгликоля с различными добавками фторида аммония и воды. На синтезированные образцы TiO_2-НТ напылялись золотые контакты площадью 3,14 мм^2 и 28,27 мм^2. Морфологические параметры оксидных слоев изучались на растровом электронном микроскопе (РЭМ) SIGMA VP Carl Zeiss. Значение емкостей, полученных слоистых структур Ti/TiO_2-НТ/Au, измерялись на микрозондовой станции Cascade Microtech MPS150 с применением цифрового мультиметра National Instruments PXI-4072.

Анализ РЭМ-изображений показал, что синтезированные слои TiO_2-НТ представляют собой массивы вертикально ориентированных на подложке нанотрубок с различными диаметром и длиной. Обнаружено, что при увеличении содержания воды при анодировании сокращается толщина оксидного слоя. То же самое

наблюдается и при повышении содержания фторида, увеличение которого также способствует преобразованию поверхности структуры из пористой в тубулярную.

Согласно модели плоского конденсатора определены значения относительной диэлектрической проницаемости = 9…16. Показано, что увеличивается при повышении содержания воды. Полученные данные будут использованы при анализе механизмов резистивного переключения в мемристорных структурах на основе нанотубулярных слоев TiO_2-НТ с различной морфологией.

Исследование выполнено при поддержке инициативного научного проекта № 16.5186.2017/8.9 Минобрнауки РФ, а также при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-01072.

1. A.A. Valeeva et al., Sci. Rep., 8, 1 (2018)
2. I.B. Dorosheva et al., Proc. USBEREIT, p. 279-282, (2018)

ИЗУЧЕНИЕ СОПОЛИМЕРИЗАЦИИ АЛКОКСИОЛИГО(ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ)МЕТАКРИЛАТОВ С ЛАУРИЛМЕТАКРИЛАТОМ

Симагин А.С.[1, 2], Каморин Д.М.[1, 2], Орехов Д.В.[1], Баринов А.А.[1, 2]

[1)] Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, Россия, г. Нижний Новгород

[2)] Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Россия, г. Нижний Новгород

E-mail: alexandr17-2@mail.ru

STUDY OF THE COPOLYMERIZATION OF ALKOXYOLIGO(ETHYLENE GLYCOL) METHACRYLATES WITH LAURYL METHACRYLATE

Simagin A.S.[1, 2], Kamorin D.M.[1, 2], Orekhov D.V.[1], Barinov A.A.[1, 2]

[1)] R. E. Alekseev Nizhny Novgorod State Technical University, Russia, Nizhny Novgorod

[2)] N. I. Lobachevsky Nizhny Novgorod State University, Russia, Nizhny Novgorod

Kinetic study of the copolymerization of alkoxyoligo(ethylene glycol) methacrylates (AOEGMA) with lauryl methacrylate was performed. The reactivity ratios of the monomers were established, and the influence of the length of the AOEGMA alkyl radical on these parameters was characterized.

Алкоксиолиго(этиленгликоль)метакрилаты (АОЭГМА) – это группа перспективных метакриловых мономеров, имеющих следующее общее строение:

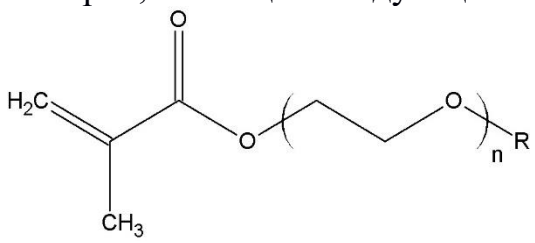


Рис. 1. Структурная формула алкоксиолиго(этиленгликоль)метакрилатов. R - углеводородный радикал, n - число оксиэтильных фрагментов.

В зависимости от конкретного соотношения R и n их гидрофильно-гидрофобные свойства могут широко варьироваться. Например, если R представлен метильной группой, а число оксиэтильных групп (n) достаточно велико, то мономер в целом будет гидрофильным; при увеличении числа атомов углерода в составе R эти соединения и полимеры на их основе приобретают выраженные амфифильные свойства. Сополимеры на их основе могут применяться в качестве ассоциирующихся загустителей и модификаторов реологии водных и водно-органических систем, в частности изучаются перспективы их применения в качестве присадок для нефтепродуктов и водно-нефтяных смесей.

Нами были изучены закономерности сополимеризации лаурилметакрилата (ЛМА) с двумя мономерами АОЭГМА с различными свойствами. Первый содержит 7 оксиэтильных звеньев и неразветвленный алкильный радикал C_{12}-C_{14} ($A_{12-14}ОЭГ_7МА$). Второй также содержит 7 оксиэтильных звеньев, но радикал R представлен метильной группой ($A_1ОЭГ_7МА$). Полимеризация проводилась в толуоле, суммарная концентрация мономеров составляла 40%, инициатор – азобисизобутиронитрил (1% от массы смеси), температура 70 ºС. Реакционная смесь предварительно продувалась азотом, общее время реакции 2 часа. Изучались следующие мольные соотношения мономеров: 80:20, 70:30, 50:50, 30:70 и 20:80. Константы сополимеризации рассчитывались на основе данных по составу сополимеров при конверсиях мономеров не более 10% мольн. Для определения констант сополимеризации применялся метод Файнемана-Росса [1].

В мономерной паре ЛМА-$A_1ОЭГ_7МА$ были определены константы сополимеризации: для ЛМА $r_1 = 1{,}16$ и для $A_1ОЭГ_7МА$ $r_2 = 1{,}17$. Выполнение условия $r_1 \approx r_2$ и при этом более 1 означает, что в ходе сополимеризации ЛМА и $A_1ОЭГ_7МА$ происходит образование длинных блоков последовательностей звеньев каждого из мономеров [2]. В случае сополимеризации ЛМА и $A_{12-14}ОЭГ_7МА$ олигоэтиленгликольсодержащий мономер демонстрирует несколько большую относительную активность ($r_2 = 1{,}20$) по сравнению с ЛМА ($r1 = 1{,}00$), что обуславливает большую долю звеньев $A_{12-14}ОЭГ_7МА$ в составе образующегося сополимера относительно его доли в мономерной смеси, и образование сополимера со статистическим распределением звеньев мономеров.

Таким образом, проведенные кинетические исследования показали влияние длины алкильного заместителя в молекуле олигоэтиленгликольсодержащего мономера на относительные активности мономеров при сополимеризации с ЛМА. Установлено, что увеличение длины заместителя ведёт к увеличению относительной активности АОЭГМА.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-73-00273).

1. Fineman M. Linear method for determining monomer reactivity ratios in copolymerization / M. Fineman, S.D. Ross // J. Polym. Sci. - 1950. - V. 5. – N. 2. - P. 259-265.

2. Семчиков Ю. Д. Высокомолекулярные соединения: Учеб. для вузов. / 2-е изд., стер. - М.: «Академия», 2005. - 368 с.

КИНЕТИКА СОРБЦИИ ИОНОВ ПЕРЕХОДНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ СУЛЬФОЭТИЛИРОВАННЫМИ АМИНОПОЛИМЕРАМИ

Синельщикова А.Р.[1], Капитанова Е.И.[1], Петрова Ю.С.[1],
Неудачина Л.К.[1], Пестов А.В.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт органического синтеза УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: like_i@mail.ru

SORPTION KINETICS OF IONS OF TRANSITION AND NOBLE METALS BY SULPHETHYLATED AMINOPOLYMERS

Sinelshchikova A.R.[1], Kapitanova E.I.[1], Petrova Yu.S.[1],
Neudachina L.K.[1], Pestov A.V.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Organic Synthesis UrO RAN, Yekaterinburg, Russia

In the present work, integral kinetic curves were obtained for the extraction of gold (III), platinum (IV), palladium (II), copper (II), nickel (II), zinc (II), cobalt (II) ions by sulfoethylated polyethyleneimines (SEPEI) and chitosans (NSE) with different substitution degrees were obtained.

Твердофазная экстракция (сорбция) – один из наиболее распространенных методов выделения и концентрирования ценных компонентов, в том числе и ионов благородных металлов, из различных объектов. В настоящее время актуальной задачей является поиск и разработка новых сорбентов, удовлетворяющих ряду требований. Для понимания возможности использования конкретного сорбента необходимо исследование его свойств. Исследуя зависимость сорбции ионов от времени, можно сделать вывод о характере сорбции, времени полного извлечения интересующих компонентов, скорости протекания обмена между жидкой и твердой фазами.

Объектами исследования являются сульфоэтилированный полиэтиленимин (СЭПЭИ) со степенями замещения 0.34, 0.74 и сульфоэтилированный хитозан (СЭХ) со степенями замещения 0.3 и 1.0. Анализируемые сорбенты синтезированы в лаборатории органических материалов Института органического синтеза УрО РАН под руководством к.х.н. А.В. Пестова методом «синтез в геле» [1,2].

Для исследования кинетики сорбции ионов золота (III), платины (IV), палладия (II), меди (II), никеля (II), цинка (II), кобальта (II) выбрано значение pH 2.0, как соответствующее наибольшей селективности сорбции золота (III) в присутствии ряда ионов металлов.

Эксперимент проводился на модельном растворе, содержащем ионы золота (III), платины (IV), палладия (II), меди (II), никеля (II), цинка (II), кобальта (II) с концентрацией ионов металлов 5·10-4 моль/дм3. Концентрация ионов металлов контролировалась методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-

связанной плазмой (iCAP 6500). Кислотность среды раствора контролировалась потенциометрическим методом с использованием комбинированного стеклянного электрода (ЭСК 10601).

Получены кинетические кривые сорбции ионов золота (III), платины (IV), палладия (II), меди (II), никеля (II), цинка (II), кобальта (II) СЭХ и СЭПЭИ. Установлено, что равновесие сорбции ионов металлов на СЭПЭИ достигается в течение 3 часов, на СЭХ - в течение 6 часов контакта фаз. С увеличением степени сульфоэтилирования хитозана от 0.3 до 1.0 сорбция золота (III) возрастает с 0.2 до 0.5 ммоль/г, извлечение палладия (II) не превышает 0.2 ммоль/г. СЭПЭИ в значительно большей степени и более селективно по сравнению с СЭХ извлекается палладий (II): его сорбция достигает 1.0 ммоль/г. При этом сорбция платины (IV) и ионов переходных металлов (меди (II), никеля (II), цинка (II), кобальта (II)) сульфоэтилированными аминополимерами в присутствии золота (III) и палладия (II) в значительной степени подавляется. При pH 2.0 существует возможность отделения ионов золота (III) от ионов переходных металлов, палладия (II) и платины (IV) на СЭХ 0.3, а также ионов палладия (II) от ионов переходных металлов, золота (III) и платины (IV) на СЭПЭИ 0.74.

В результате обработки полученных кинетических кривых моделями диффузионной и химической кинетики показано, что скорость сорбции лимитируется стадией взаимодействия сорбата с функциональными группами сорбента.

Работа выполнена при финансовой поддержке постановления №211 Правительства Российской Федерации, контракт № 02.A03.21.0006

1. Капитанова Е. И., Землякова Е. О. и др., Изв. Акад. наук. Сер. хим.,№ 6, 1252 (2019).

2. Петрова Ю. С., Бухарова А. В. и др., Высок. соед. Сер. Б., 56, № 6, 429 (2014).

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСТРАКЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ТЕРБИЯ И ГАДОЛИНИЯ ИЗ СОЛЯНОКИСЛОЙ СРЕДЫ

Котова М.В.[1], Рычков В.Н.[1], Кириллов Е.В.[1], Кириллов С.В.[1], Буньков Г.М.[1], Боталов М.С.[1], Смышляев Д.В.[1]

[1)] Уральский Федеральный университет
E-mail: Denis.smyshliaev@urfu.ru

STUDY OF EXTRACTION SEPARATION OF TERBIUM AND GODILINE FROM HYDROCHLORIC ACID MEDIUM

Kotova M.V.[1], Rychkov V.N.[1], Kirillov E.V.[1], Kirillov S.V.[1], Bunkov G.M.[1], Botalov M.S.[1], Smyshliaev D.V.[1]

[1)] Ural Federal University (UrFU)

In the present work, two commercial acidic extractants, such as di(2-ethylhexyl) phosphoric acid (D2EHPA) and 2-ethylhexyl phosphonic acid (P507) were tested for the separation of terbium and godiline from chloride medium.

Редкоземельные элементы представляют собой отдельную группа химических элементов, отличительной чертой которых является близость их химических свойств, вызванная сходством их электронного строения. Редкоземельные металлы и их соединения в настоящее время пользуются спросом, так как они имеют достаточно широкий спектр применения благодаря их химическим, каталитическим, электрическим, магнитным и оптическим свойствам. [1]. Разделение тяжелой группы РЗЭ на отдельные элементы является сложной задачей. Для извлечения и разделения РЗЭ в настоящее время в промышленности используются следующие экстрагенты: ТБФ, Ди2ЭГФК, Р507, Cyanex 272 [2]. Преимуществом данных экстрагентов является их доступность и низкая цена. Основным недостатком у данных экстрагентов является, то что реэкстракцию тяжелой группы РЗЭ очень сложно осуществить из-за высокой селективности по отношению к данным элементам.

В работе была исследована возможность разделения эрбия и гольмия в среде соляной кислоты при использовании в качестве экстрагентов 2-этилгексил фосфоновая кислота моно-2-этилгексил эфир (Р507) и Ди-2-этилгексил фосфорная кислота (Ди2ЭГФК).

В таблице 1 представлены, полученные в ходе экспериментов, коэффициенты разделения между тербием и гадолинием для исследуемых экстрагентов.

Таблица 1 - Коэффициенты разделения

Пара элементов	Р507	Ди2ЭГФК
Tb/Gd	2,17	1,79

Из представленных в таблице 1 коэффициентов разделения следует, что обе экстракционных системы пригодны для разделения тербия и гадолиния.

Планируется исследовать возможность использования экстрагента Р507 для разделения для разделения суммы РЗЭ по линии Tb/Gd.

1. Junmei Z., ·Zhichun Y., · Huizhou L., Journal of Material Cycles and Waste Management, 21, 1518-1525 (2019)
2. James E. Quinn, Karin H. Soldenhoff et al., Hydrometallurgy, 157, 298–305 (2015)

СПОСОБ СИНТЕЗА КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ И ТВЕРДОГО РАСТВОРА ОКСИДОВ ЦЕРИЯ И ЦИРКОНИЯ

Солодовникова П.А.[1], Пономарёв А.В.[1], Гурьянова А.А.[1], Машковцев М.А.[1], Берёскина П.А.[1], Бакшеев Е.О.[1], Рычков В.Н.[1]

[1)] Кафедра редких металлов и наноматериалов, физико-технологический институт, УрФУ
E-mail: sol_polina@e1.ru

METHOD FOR SYNTHESIS OF COMPOSITION BASED ON ALUMINIUM OXIDE AND SOLID SOLUTION OF CERIUM AND ZIRCONIUM OXIDES

Solodovnikova P.A.[1], Ponomarev A.V.[1], Gurianova A.A.[1], Mashkovtsev M.A.[1], Bereskina P.A.[1], Baksheev E.O.[1], Rychkov V.N.[1]

[1)] Department of Rare Metals and Nanomaterials, Institute of Physics and Technology, UrFU

The authors found that grinding allows more uniform distribution of particles of two substances relative to each other, which provides a stronger manifestation of the effect of the 'diffusion barrier'.

Смесь стабилизированного оксида алюминия и твердого раствора оксидов церия и циркония широко применяется в автомобильных катализаторах как носитель каталитически-активной фазы, который позволяет одновременно конвертировать газы CO, HC_x и NO_x до безопасных для окружающей среды соединений. Стабилизированный оксид алюминия в такой системе обеспечивает высокие значения удельной поверхности носителя, а твердый раствор оксидов церия-циркония позволяет сгладить отклонения соотношения воздух/топливо в каталитическом блоке от наиболее благоприятного значения для одновременной конверсии газов CO, HC_x и NO_x. [1,2].

Цель работы – изучить влияние стадии помола на удельную поверхность порошков, полученных методом смешения гидроксидов и гидратированных оксидов металлов с последующим совместным обжигом.

Образцы синтезировали путем раздельного осаждения гидроксидов алюминия и лантана (с концентрацией 50 г/л в пересчете на общую систему оксидов

Al_2O_3-3% масс. La_2O_3) и гидроксидов церия, циркония, иттрия и лантана (с общей концентрацией металлов 50 г/л в пересчете на общий оксид $Ce_{0.4}Zr_{0.5}La_{0.05}Y_{0.05}O_2$). Осаждение проводили приведением в контакт аммиака (10% масс.) и раствора нитратов металлов таким образом, что pH реакционной среды оставался примерно одинаковым и равным pH (8.0±0.3). До осаждения в общий раствор нитратов, содержащий церий, вносили перекись водорода в пятикратном избытке по отношению к содержанию церия в молях. Далее суспензии фильтровали и смешивали в соотношении 1:1. Часть общей суспензии подвергали помолу в бисерной мельнице при помощи мелющих тел из оксида циркония диаметром 1 мм при скорости вращения вала 5000 об/мин, затем проводили вакуумную фильтрацию. Образцы сушили и обжигали при 700°C и 1100°C. Удельную площадь поверхности определяли с помощью низкотемпературной адсорбции/десорбции азота на приборе 1200 Nova Quantahrom по методу БЭТ.

Образцам присвоили шифры: ACZ-700 – без помола с обжигом при 700°C, ACZ-п-700 – помол с обжигом при 700°C, ACZ-1100 – без помола с обжигом при 1100°C, ACZ-п-1100 – помол с обжигом при 1100°C. Как показано на рисунке 1, проведение стадии помола приводит к росту значений удельной поверхности (от 178,2 до 188,2 $м^2/г$ у образцов, обожженных при 700°C, и от 37,6 до 45,3 $м^2/г$ у образцов, обожженных при 1100°C).

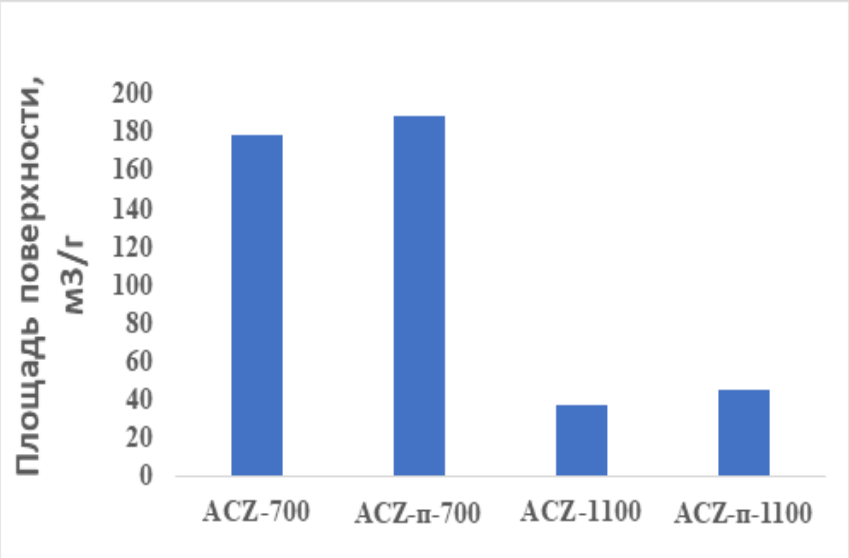


Рис. 1. Гистограммы зависимости удельной поверхности от наличия стадии помола в процессе синтеза

Авторы обнаружили, что помол позволяет более однородно распределить частицы двух веществ относительно друг друга, что обеспечивает более сильное проявление эффекта «диффузионного барьера».

1. Patel K., Blair M., Douglas J., Dai Q., Liu Y., Ren S., Brennan R., Scientific Reports: Structural Effects of Lanthanide Dopants on Alumina, 1-9 (2017)

2. Yang J., Wang Q., Wang T., Liang Y., RSC Advances 6: Rapid preparation process, structure and thermal stability of lanthanum doped alumina aerogels with a high specific surface area, 26271-26279 (2016)

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ИК-СПЕКТРЫ УРАНАТОВ РУБИДИЯ И ЦЕЗИЯ

Старыгина П.Ю[1], Волкович В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: polinushka9@gmail.com

THE EFFECT OF TEMPERATURE ON IR-SPECTRA OF RUBIDIUM AND CESIUM URANATES

Starygina P.Yu.[1], Volkovich V.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Uranates of rubidium and cesium (M_4UO_5, M_2UO_4, $M_2U_2O_7$ and $M_2U_3O_{10}$, M = Cs, Rb) were prepared by reacting triuranium octaoxide with the corresponding alkali metal carbonates. IR spectra of the uranates were recorded in the temperature range of 25–700 ºC.

Уранаты щелочных металлов можно рассматривать как соли урановой и полиурановых кислот. Состав уранатов выражается общей формулой $nM_2O{\cdot}mUO_3$ и (M = щелочной металл). Уранаты изредка встречаются в природе в виде минералов, обычно их получают искусственно. В частности, уранаты образуются при хранении урансодержащих отходов, окислении облучённого ядерного топлива. Также уранаты могут образовываться в оксидном ядерном топливе в ходе реакторной кампании [1]. К таким уранатам относятся и уранаты рубидия и цезия, как продуктов деления урана.

Одним из методов исследования состава и структуры уранатов является инфракрасная спектроскопия. Анализ частот колебаний связей позволяет судить о длинах связей уран–кислород. ИК спектры уранатов щелочных металлов до настоящего времени были получены только при обычных температурах. Целью работы являлось изучение действия температуры на уранаты рубидия и цезия с использованием метода ИК-спектроскопии. С этой целью были синтезированы моно-и полиуранаты состава M_4UO_5, M_2UO_4, $M_2U_2O_7$ и $M_2U_3O_{10}$ (M = Rb, Cs). Уранаты получали твердофазным синтезом из оксида урана и карбоната соответствующего щелочного металла. Регистрацию ИК спектров проводили в и интервале температур от комнатной до 700 ºС в диапазоне 380–4000 $см^{-1}$. Измерения выполняли на спектрометре Vertex70 (Bruker), оборудованном высокотемпературной приставкой для регистрации спектров методом диффузионного

отражения. Пример полученных результатов для диураната рубидия, $Rb_2U_2O_7$, представлен на рисунке.

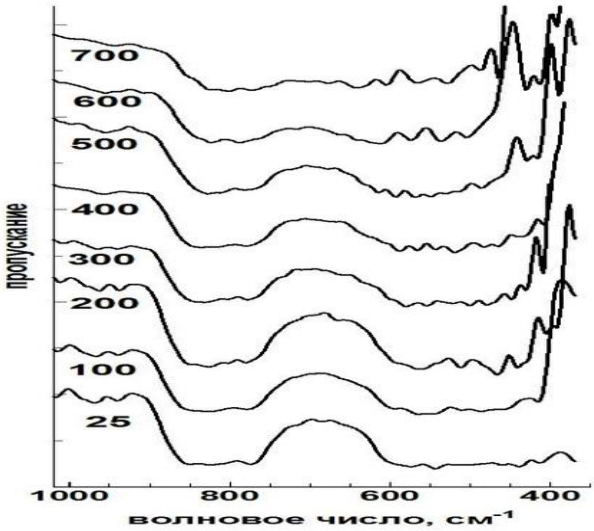


Рис. 1. Влияние температуры на ИК-спектры диураната рубидия. Температура (ºС) приведена для каждого спектра.

1. S. Imoto, Chemical state of fission products in irradiated UO_2, J. Nucl. Mater., 1986, vol. 140, 19–27.

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПАЛЛАДИЯ В РАСПЛАВЕ ЭВТЕКТИЧЕСКОЙ СМЕСИ ХЛОРИДОВ ЛИТИЯ, КАЛИЯ И ЦЕЗИЯ

Стрепетов К.Е.[1], Осипенко А.А.[1], Волкович В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Kirill_strepetov@mail.ru

SPECTROSCOPIC PROPERTIES OF PALLADIUM IN MOLTEN EUTECTIC MIXTURE OF LITHIUM, POTASSIUM AND CAESIUM CHLORIDES

Strepetov K.E.[1], Osipenko A.A.[1], Volkovich V.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Electronic absorption spectroscopy was used to assess palladium speciation in fused alkali chlorides. Electronic absorption spectra of palladium (II) chloro-ions were recorded in molten LiCl–KCl–CsCl eutectic mixture at 300–800 °C. Molar absorption coefficients and principle spectroscopic parameters

Расплавы на основе хлоридов щелочных металлов являются рабочими средами в пироэлектрохимических технологиях переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) реакторов на быстрых нейтронах. Содержание палладия, как продукта деления, в ОЯТ определяется типом топлива и глубиной выгорания. Так, смешанное уран-плутониевое ОЯТ с глубиной выгорания 12 % т.а. будет содержать более 5 кг палладия на тонну, а при глубине выгорания 29 % т.а. – более 13 кг. Для разработки оптимальной технологии переработки ОЯТ необходима детальная информация о поведении и ионно-координационном состоянии компонентов ОЯТ в рабочем электролите. Одним из методов исследования расплавов, содержащих ионы элементов с частично заполненной d-оболочкой, является электронная спектроскопия поглощения.

В работе было исследовано поведение палладия в расплавах на основе легкоплавкой эвтектической смеси LiCl–KCl–CsCl. Палладий в электролит вводили в виде безводного дихлорида либо посредством хлорирования металлического палладия хлором в расплаве соли-растворителя. Регистрацию спектров проводили в интервале температур от 300 до 800 °C. Пример спектра представлен на рисунке. Наблюдаемая полоса поглощения соответствует электронному переходу $^3A_{2g} \rightarrow {}^3T_{2g}$ в комплексном хлоридном ионе $PdCl_6^{4-}$. В результате анализа экспериментальных ЭСП были рассчитаны коэффициенты экстинкции ионов палладия, установлено влияние температуры на основные спектроскопические параметры комплексного иона.

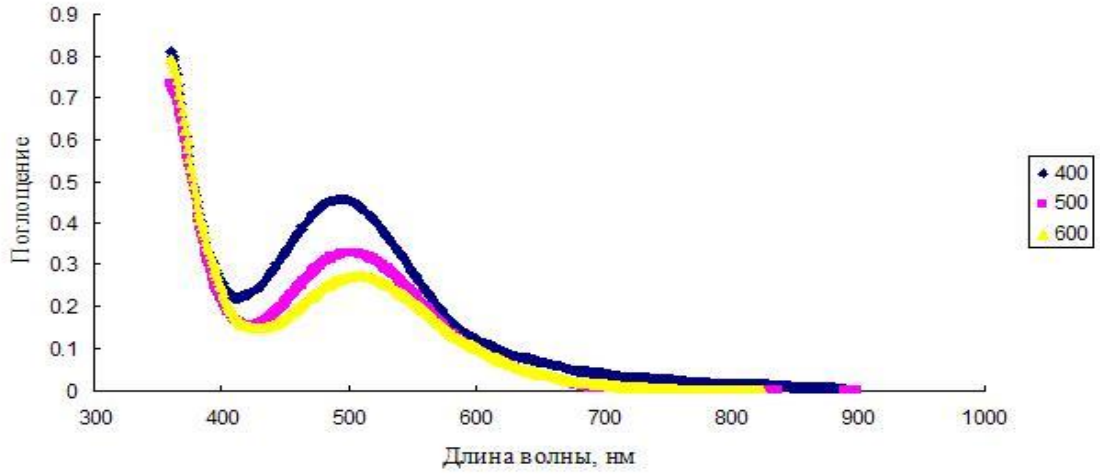


Рис. 1. Электронный спектр поглощения расплава LiCl–KCl–CsCl, содержащего хлорид палладия(II) в диапазоне температур 400-600 °C

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ

Султанова Д. Т.[1], Ющенко А. К[1], Хорошавцева Н.В.[1], Митюшова Ю.А.[1], Денисова Э.И.[1], Карташов В.В.[1], Денисова О.В.[1], Марков А.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: remarkable-di@mail.ru

DETERMINATION OF ELECTRIC CONDUCTING PROPERTIES OF CERAMIC SAMPLES

Sultanova D.T.[1], Yushchenko A.K.[1], Horoshavceva N.V.[1], Mityoshova Y.A.[1], Denisova E.I.[1], Kartashov V.V.[1], Denisova O.V.[1], Markov A.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Due to stabilization, a high-temperature cubic phase is formed in the zirconia lattice. In addition, with the introduction of additional elements in the anionic sublattice of the structure, oxygen vacancies are formed, which significantly improves the ionic conductivity of the crystal.

Были изучены свойства керамических материалов, полученных из порошков стабилизированного диоксида циркония. Содержание стабилизирующей добавки Y_2O_3 во всех образцах составляло 1 мол. %, содержание Sc_2O_3 варьировалось от 6 до 10 мол.%.

Из порошков в стальной цилиндрической пресс-форме на ручном гидравлическом прессе при давлении 245 МПа прессовали таблетки высотой ~5 мм и

диаметром 10 мм. Далее таблетки обжигали в окислительной среде в высокотемпературной печи Nabertherm HT 40/17 при температуре 1650°С по режиму: нагрев до заданной температуры - выдержка в течение 10 часов - охлаждение со скоростью нагрева. После спекания таблетки претерпели усадку, и их размеры уменьшились по высоте до 3,5-3,9 мм, по диаметру – до 7,6-7,9 мм.

Анализ фазового состава керамических образцов показал, что все они имели высокотемпературную кубическую фазу. Кроме этого, у всех образцов наблюдали высокие значения ОКР (> 2000 Å), что может свидетельствовать о том, что у образцов в процессе спекания образовалась крупнозернистая структура.

Электрическую проводимость образцов исследовали двухзондовым методом на переменном токе в интервале температур 100-900°С. Измерение электропроводности для всех образцов проводили на частоте в 20 КГц. Из представленных данных следует, что с увеличением содержания Sc_2O_3 и Y_2O_3 в ZrO_2 проводимость увеличивается. Но самые высокие значения проводимости наблюдали у образца ZrO_2-1мол.%. Y_2O_3-9 мол.% Sc_2O_3.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 ИЗ ПРИРОДНЫХ ВОД СОРБЕНТАМИ НА ОСНОВЕ ОПАЛ-КРИСТОБАЛИТОВЫХ ПОРОД

Свиридов Д.В.[1], Никифоров А.Ф.[1], Семенищев В.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: sdmitry95@mail.ru

SEPARATION OF CESIUM-137 FROM NATURAL WATERS BY SORBENTS BASED ON OPAL-CRYSTOBALITE ROCKS

Sviridov D.V.[1], Nikiforov A.F.[1], Semenischev V.S.[1]
[1)] Ural Federal University

The sorption of cesium-137 from drinking (tap water) water was studied under static and dynamic conditions by the flasks of the Sukhoi deposit.

Для очистки питьевой воды все большее применение находят неуглеродные материалы природного происхождения. По структуре и физико-химическим разделить на слоистые и слоисто-ленточные силикаты (вермикулит, монтмориллонит, каолинит, полыгорскит, шабазит, модернит, клиноптилолит и др.) и дисперсные кремнистые опал-кристобалитовые породы (кремнеземы) осадочного происхождения, на 68-99 % состоящие из аморфного диоксида кремния (опоки, трепела, диатомиты). Кремнистые опал-кристобалитовые породы занимают важное место в ряду нерудных полезных ископаемых Для них характерны высокие сорбционные и фильтрационные свойства. Опоки, по сравнению с диатомитами и

трепелами, не размокают в воде, обладают высокой механической прочностью и имеют мезопористую структуру.

Изучена сорбция цезия-137 из питьевой (водопроводная вода) воды в статических и динамических условиях опоками Сухоложского месторождения. Получены зависимости степени извлечения цезия-137 из воды разного состава опоками от времени установления сорбционного равновесия и массы сорбента. Установлено, что предварительная очистка природной воды с помощью мембраны практически не оказывает влияния на сорбируемость и кинетику извлечения радионуклида. Степень извлечения цезия-137, равная 95-98 %, имеет место при удельной массе сорбента в исследуемых растворах 8 мг/мл. Время установления сорбционного равновесия для систем с участием природной воды и воды, прошедшей через мембрану, составляет 50-60 мин. Полученные результаты, а именно незначительное влияние состава исследуемой воды на сорбируемость цезия-137, связаны с природой сорбционного взаимодействия сорбата и сорбента. В изучаемых системах это взаимодействие осуществляется за счет сил физической сорбции. В этом случае конкурентное влияние присутствующих в водной фазе примесей не оказывает существенного влияния на сорбируемость радионуклида. Коэффициент распределения цезия-137 между твердой и жидкой фазами в рассматриваемых системах составляет $2\text{-}3*10^3$ мл/г.

Найдена зависимость сорбируемости радионуклида от удельной массы сорбента в координатах lgS/1-S – lg[m]. Полученные зависимости представляют собой прямые линии с тангенсом угла наклона равным 1. Следовательно, в исследуемых системах распределение радионуклида между твердой и жидкой фазами осуществляется согласно закону Генри в условиях участия незначительной доли поверхности в процессе поглощения цезия-137. Полученные данные подтверждены изучением сорбции радионуклида в динамических условиях. В первоначальный момент времени имеет место «проскок» сорбата в фильтрат. По мере продолжения фильтрации содержание цезия-137 в водной фазе резко уменьшается и кривые приближаются к оси абсцисс. Первоначальный «проскок» сорбата в фильтрат объясняется неустойчивым сорбционным равновесием в системе водный раствор-цезий-137-сорбент, что обусловлено низкой величиной прочности связи сорбата и сорбента. Такой эффект характерен для процессов физической сорбции.

СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ГАЛЛИЯ ИЗ СОЛЯНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ

Свирский И.А.[1], Абакумова Е. В[1], Титова С.М.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,Екатеринбург, Россия
E-mail: Svirskill.171993@gmail.com

SORPTION EXTRACTION OF GALLIUM FROM HYDROCHLORIC ACID SOLUTIONS

Svirsky I.A.[1], Abakumova E.V.[1], Titova S.M.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

The possibility of extracting gallium from chloride solutions is shown. The capacitive dependence of the isolated ampholytes was determined with an increase in the concentration of gallium in the initial solution. Purolite Puromet MTS-9500 has the highest degree of recovery of 21% in gallium.

Для полупроводниковой техники в настоящее время представляют интерес редкие и рассеянные металлы, в число которых входит галлий. По этой причине требуется внедрение новых более эффективных технологий по их извлечению. Известно, что при низких концентрациях галлия в растворе (менее 30 мг/л) для его извлечения более эффективными могут оказаться сорбционные процессы [1]. При сорбции из солянокислых растворов нами были выбраны амфолиты Purolite S-930, Purolite Puromet MTS-9500 аналог Lewatit TP-260 и D-6022. Условия эксперимента в статическом статическом режиме: pH=1,8, Т:Ж=1:500, время контакта фаз 168 часов. Ионит марки Purolite D-61022 по сравнению со смолами Purolite MTS-9500 и Purolite S930/4757 обладает большей емкостью, что позволяет рекомендовать его для дальнейших исследований, связанных с селективным извлечением ионов галлия из солянокислых растворов. Степень извлечения для ионитов MTS-9500 составила 21%, для Purolite S-930 – 14% и для D-6022 – 10%. Однако, следует отметить что факт, что в ходе эксперимента ионит марки Purolite MTS-9500 не полностью вышел на насыщение, требуется провести дополнительный эксперимент с дальнейшим увеличением концентрации галлия в исходном растворе.

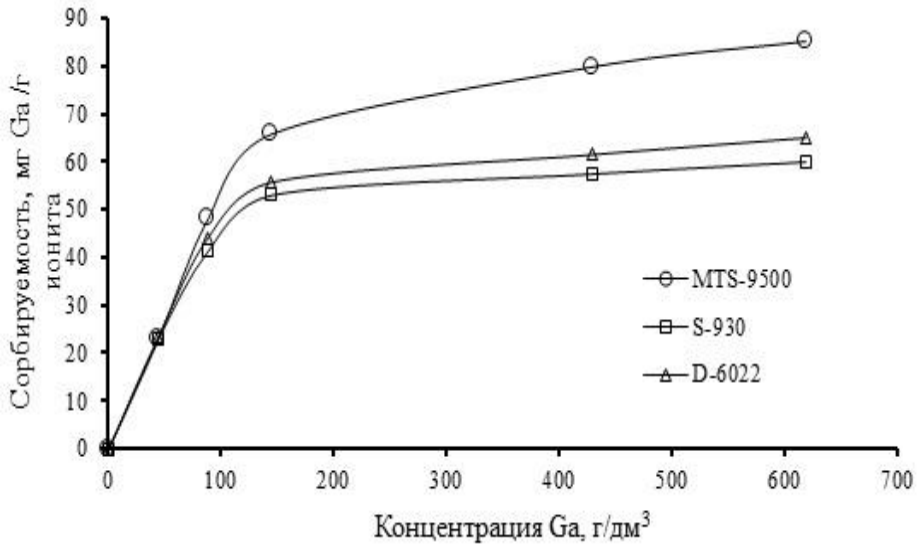


Рис. 1. Изотерма сорбции галлия

1. Свдгиев В. Н., Сорбционное извлечение галлия из щелочных алюминатных растворов: дис. … канд.техн. наук: 05.16.02/ В. Н. Свдгиев; Санкт-Петербургский горный университет - Санкт-Петербург, 2019. – 120 с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГАЗОВЫХ СЕПАРАТОРОВ УСТАНОВКИ КОМПЛЕКСНОЙ ПОДГОТОВКИ ГАЗА

Бузлуков А.А.[1], Таранова Л.В.[1]

[1)] Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия
E-mail: taranovalv@list.ru

MODERNIZATION OF GAS SEPARATORS OF INSTALLATION OF COMPLEX GAS PREPARATION

Buzlukov A.A.[1], Taranova L.V.[1]
[1)] Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

To improve the efficiency of the separation process and the quality of gas treatment, the paper proposes the modernization of gas separators of the complex gas treatment unit by replacing the separation devices

Подготовка углеводородных газов и конденсатов на промысле предусматривает их очистку от механических включений, удаление жидкой дисперсной фазы (свободной влаги и углеводородного конденсата) и осушку газа до требуемых значений точки росы по влаге. При работе с «жирными газами» необходимо обеспечивать также значение точки росы по углеводородам. Эти показатели для районов Крайнего Севера должны быть ниже -400С, что предполагает необходимость реализации высокоэффективных процессов.

В настоящей работе представляло интерес выявить возможности повышения качества подготовки газа на основе анализа работы оборудования установки комплексной подготовки газа.

В результате анализа выявлены проблемы, связанные с недостаточной эффективностью процесса сепарации капельной жидкости при работе газовых сепараторов, что обусловлено конструктивными особенностями используемых аппаратов и составом сырого газа. В частности, установлено, что в связи с связи с возникающим перепадом давления происходит унос отделившейся в сепараторе жидкой фазы уходящим газовым потоком. Это является следствием забивки фильтрующих элементов сепаратора.

Снижение качества газа на выходе из сепаратора негативно сказывается на работе последующего оборудования установки: компрессорных агрегатов и аппаратов адсорбционной осушки. Наличие жидкой фазы в газовом потоке препятствует нормальному режиму работы компрессорных агрегатов с сокращением времени межремонтного периода их работы; для адсорберов работа на «жирном» газе приведет к забивке пор сорбента.

Для решения проблемы и повышения эффективности процесса сепарации целесообразно использовать более совершенные сепарационные устройства, в частности центробежные устройства или регулярные насадки [1,2].

В работе предложено осуществить модернизацию газовых сепараторов первой и второй ступени – С-2, С-3 (Рис.1) с установкой в средней части сепарационного пакета типа СЦВ и регулярные насадки.

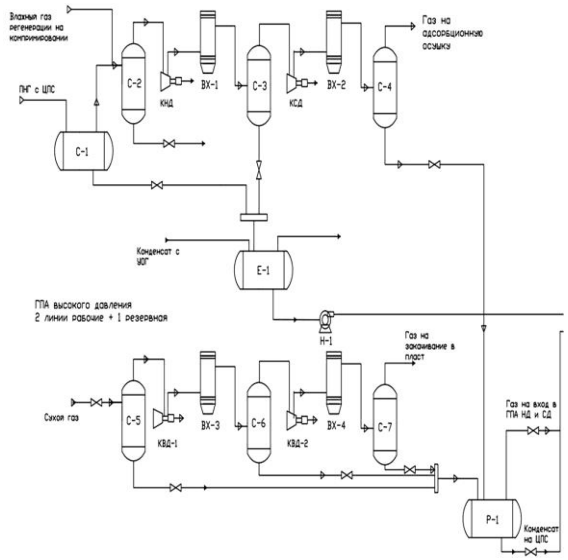


Рис. 1. Принципиальная схема установки подготовки газа

Применение насадок в сочетании с сепарационными центробежными элементами позволит объединить положительные технические характеристики указанных выше внутренних устройств и использовать данное техническое решение для повышения эффективности сепарации для вертикальных газовых

сепараторов. В итоге, это позволит устранить возникающие при работе компрессоров недостатки и обеспечить номинальные режимы их работы.

1. Farahov T.M., Basharov M.M., Shigapov I.M. Electronic Scientific Journal of Oil and Gas 2, 192–207 (2011)
2. Minigulov R.M., Farahov M.I., Taraskin M.M. Izvestia of higher education institutions. Energy problems 3-4, 3–7 (2010)

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ СТРОНЦИЯ-90 СОРБЕНТОМ НА ОСНОВЕ АМИНИРОВАННОГО ПОЛИСТИРОЛА С ПРИВИТЫМИ МОЛЕКУЛАМИ 4-ХЛОРМЕТИЛДИБЕНЗО-18-КРАУН-6

Тарасовских Т.В.[1], Недобух Т.А.[1], Максимовских А.И.[2]

[1)] Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: tarasovskihtaya@yandex.ru

THE STUDY OF THE SORPTION OF STRONTIUM-90 SORBENT BASED ON AMINATED POLYSTYRENE WITH GRAFTED MOLECULES OF 4-CHLOROMETHYLDIBENZO-18-CROWN-6

Tarasovskikh T.V.[1], Nedobukh T.A.[1], Maksimovskikh A.I.[2]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia
[2)] I.Ya. Postovsky Institute of Organic Synthesis of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The sorption properties of the composite material, carrier and crown ether with respect to Sr-90 from nitric acid solutions under static conditions were studied. When passing from the carrier and crown ether to their composite, an increase in the distribution coefficient of Sr-90 was observed.

Краун-эфиры как размерноселективные лиганды нашли широкое применение в процессах жидкостной экстракции и экстракционной хроматографии. Их использование в виде композитных материалов позволяет сохранить свойства, обеспечивающие селективность макроциклического соединения и обеспечить преимущества сорбционного процессах [1], и возможность его реализации в варианте колоночной хроматографии. Именно вариант колоночной хроматографии позволяет наиболее эффективно решить задачу создания изотопного генератора с целью получения короткоживущих дочерних радионуклидов.

Для создания изотопного генератора иттрия-90 необходимо выбрать сорбент количественно извлекающий материнский радионуклид стронций-90 и найти условия разделения стронция-90 и иттрия-90. С точки зрения соответствия размера полости краун-эфира и диаметра иона наиболее устойчивые комплексные соединения стронций образует с 18-краун-6 [2]. В работе исследованы сорбционные свойства аминированного полистирола с привитыми молекулами 4-хлорметилдибензо-18-краун-6 по отношению к радионуклиду стронция-90. Так как сорбционные свойства композитных материалов зависят как от свойств макроциклического соединения, так и свойств носителя, проведено сравнение свойств композитного материала с содержанием краун-эфира 350 мг/г, носителя - аминированного полистирола и краун-эфира – 4-хлорметилдибензо-18-краун-6. Изучен процесс сорбции стронция-90 из азотнокислых растворов (0,01 – 5 моль/л) в статических условиях. Полученные значения коэффициентов распределения приведены на рисунке.

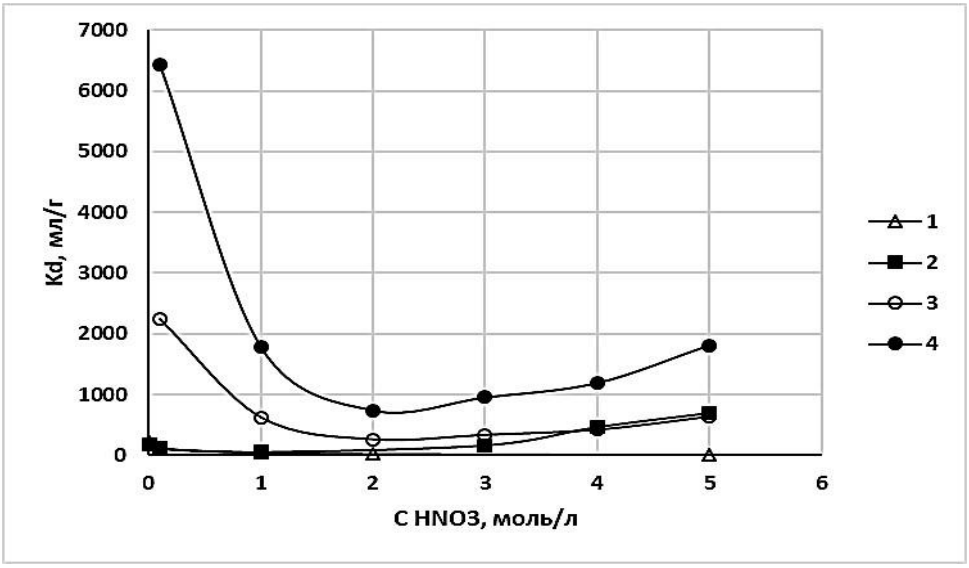


Рис. 1. Зависимость коэффициента распределения стронция от концентрации азотной кислоты для различных сорбционных материалов: 1 – носитель; 2 – 4-хлорметилдибензо-18-краун-6; 3 – композитный материал. 4 – коэффициент распределения композитного материала, мл/г краун-эфира.

Коэффициент распределения носителя падает с увеличением кислотности (кривая 1). Для краун-эфира (кривая 2) и композитного материала (кривая 3) наблюдается уменьшение коэффициента распределения при концентрации 1 – 2 моль/л и дальнейший рост с увеличением кислотности. Таким образом, сорбционные свойства композитного материалы по отношению к стронцию в кислой среде обусловлены присутствием в структуре краун-эфира. Для композитного материала также рассчитали значение коэффициента распределения с учетом содержания краун-эфира в композитном материале: K_d, мл/ г краун-эфира (кривая 4). Во всем исследуемом диапазоне концентраций азотной кислоты коэффициент распределения композитного материала (в мл/г краун-эфира) значительно

превышает значение коэффициента распределения для краун-эфира. Можно предположить, что в процессе синтеза композитного материала формируется структура, обеспечивающая лучшие сорбционные свойства по отношению к стронцию по сравнению с чистым краун-эфиром.

1. Федорова О.В., Максимовских А.И., Корякова О.В., Русинов Г.Л., Мурашкевич А.Н., Рычков В.Н., Чурашин В.Н., Композиты краун-эфиров-SiO2-TiO2 в процессах сорбции катионов металлов из кислых водных растворов, Российский химический журнал, Т. 59, № 5-6, с. 92-97, 2015 г.

2. Бежин Н.А., Довгий И.И., Ляпунов А.Ю., Селективность сорбции стронция новым сорбентом на основе эндорецептора дибензо-18-краун-6, Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського, Т. 2, № 73, с. 197-199, 2012 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОСАЖДЕНИЯ ГИДРОКСИДНЫХ ОСАДКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Татьянникова Е.М.[1], Царев Н.С.[1]

[1)] Кафедра водного хозяйства и технологии воды, Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия, 620002
E-mail: tatyannich.urfu@gmail.com

REGULARITIES DETERMINATION OF INDUSTRIAL WASTEWATER HYDROXIDE SLUDGES PRECIPITATION

Tatyannikova E.M.[1], Tsarev N.S.[1]

[1)] Department of Water Industry and Water Technology, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia, 620002

The paper presents experimental researches data of the technological parameters determination of the hydroxide sludges gravitational thickening process. The sludges precipitation rates data are adduced. The precipitation rate on the solid phase content in the sludges dependence is established.

Почти на всех металлургических предприятиях образуются осадки от нейтрализации отработанных травильных растворов (ОТР) и промывных вод (ПВ) травильных участков. Данные осадки являются вторичными материальными ресурсами, поскольку содержат в себе в относительно большом количестве гидроксиды металлов. Однако переработке этих осадков в Российской Федерации внимания практически не уделяется, и они во влажном виде сбрасываются в различные накопители отходов, расположенные на территориях предприятий или за их пределами. По этой причине к настоящему времени накоплено и с каждым моментом времени прибавляется огромное количество осадков производственных сточных вод, наносящих колоссальный вред человеку и окружающей среде.

Обязательной стадией подготовки осадков производственных сточных вод к переработке является операция обезвоживания. В практике для этого применяются методы сгущения и механического обезвоживания. При этом для улучшения водоотдающих свойств осадки предварительно кондиционируются флокулянтами.

В работе [1] нами было научно обосновано, что для обработки гидроксидного осадка, образующегося при нейтрализации ОТР, эффективны неионогенные высокомолекулярные флокулянты (доза флокулянта — 4–5 кг/т); для кондиционирования гидроксидного осадка, образующегося при нейтрализации ПВ, эффективны анионные высокомолекулярные флокулянты с 20–50 % содержанием ионогенных групп (доза флокулянта — 2 кг/т).

Целью данного этапа нашей работы является экспериментальное определение технологических параметров процесса гравитационного сгущения гидроксидных осадков.

Задачи работы:

- выявление механизма процесса осаждения осадка;
- определение скорости осаждения осадков;
- сравнение седиментационных свойств осадков.

Объекты исследования в работе — реальные осадки от нейтрализации ОТР и ПВ гидроксидом кальция;

Предмет исследования в работе — седиментационные свойства осадков, обработанных выбранными ранее флокулянтами.

Процесс гравитационного сгущения осадка моделировался на специальной установке. При осаждении осадка определялась зависимость высоты границы раздела фаз осветленная вода-сгущенный осадок (h) от продолжительности осаждения (t) в виде графика $h = f(t)$. В дальнейшем на основе полученных данных с использованием теории Кинша рассчитывалась скорость осаждения частиц твердой фазы осадка. Данные о скорости осаждения осадков приведены на рисунке.

В результате исследований установлено:

1) При осаждении осадков от нейтрализации ОТР и ПВ имеет место процесс стесненного осаждения частиц.

2) С увеличением содержания твердой фазы в осадке снижается скорость осаждения его частиц твердой фазы.

3) Осадок от нейтрализации ПВ имеет меньшую скорость осаждения, чем осадок от нейтрализации ОТР, что обусловлено большим содержанием мелкодисперсных частиц в осадке от нейтрализации ПВ.

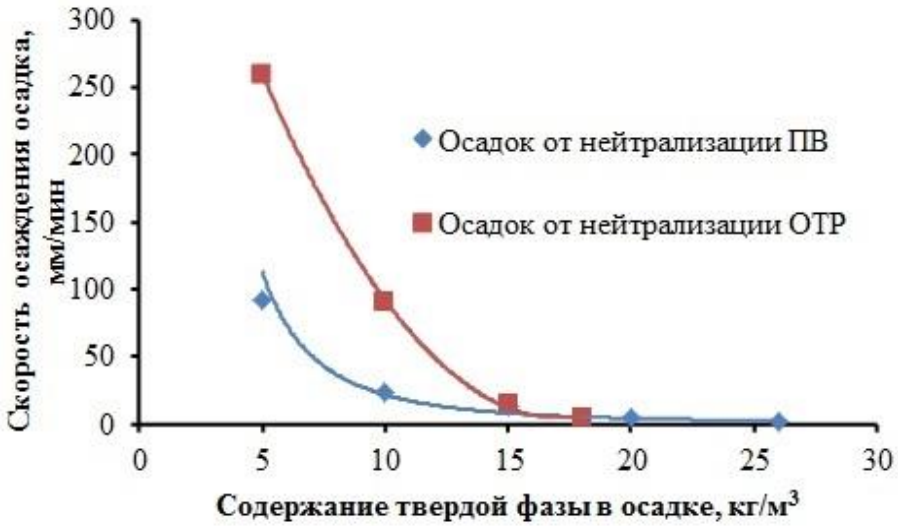


Рис. 1. Зависимость скорости осаждения осадка от содержания в нем твердой фазы

1. Tsarev, N., Aksenov, V., & Tatyannikova, E. Aggressive wastewater sludges conditioning with polyelectrolytes. AIP Conference Proceedings 2174, 020259 (2019); https://doi.org/10.1063/1.5134410

ВЫДЕЛЕНИЕ МАГНИЯ И СКАНДИЯ ИЗ СИДЕРИТА С ПОЛУЧЕНИЕМ КОНЦЕНТРАТА ЖЕЛЕЗА

Таукин А.О.[1], Киекбаев У.Р.[1], Попов Д.С.[1], Смышляев Д.В.[1], Кириллов С.В.[1], Кириллов Е.В.[1], Буньков Г.М.[1], Боталов М.С.[1], Рычков В.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: a.o.taukin@urfu.ru

RECOVERY OF MAGNESIUM AND SCANDIUM FROM SIDERITE WITH OBTAINING IRON CONCENTRATE

Taukin A.O.[1], Kiekbaev U.R.[1], Popov D.S.[1], Smyshlyaev D.V.[1], Kirillov S.V.[1], Kirillov E.V.[1], Bunkov G.M.[1], Botalov M.S.[1], Rychkov V.N.[1]

[1)] Ural Federal University

This work is devoted to the study and selection of siderite enrichment parameters, which ensure the purity of the iron concentrate satisfying the requirements of the metallurgical enterprises. Various traditional benefication methods are considered, both individually and in combination.

В недрах Уральского региона залегают крупные месторождения титаномагнетитовых, сидеритовых, железохромоникелевых и других би- и

поликомпонентных руд, которые помимо железа также содержат титан, хром, никель, магний, скандий и другие необходимые для промышленности элементы.

Дальнейшее стабильное развитие черной металлургии Урала подразумевает решение задачи эффективной подготовки данных руд к металлургическому производству, что предполагает, как увеличение глубины извлечения железа, так и расширение спектра извлекаемых компонентов.

В общей доле разведанных запасов железных руд Уральского региона около 10 % (свыше 1 млрд. тонн) приходится на сидеритовые руды, представленные Бакальской группой месторождений. Что делает данные руды ещё более перспективными для дальнейшей разработки и использования в качестве исходного сырья для металлургических производств

Сидеритовые руды, в основном, представляют собой карбонат железа – $FeCO_3$, который в чистом виде в составе данных руд практически не встречается и зачастую имеет изоморфную примесь магния, а также марганца, кальция и других элементов [1]. Ввиду близости ионных радиусов железа (II) и магния, значения которых по Гольдшмидту составляют 0,083 и 0,078 нм, соответственно, а также энергий взаимодействия данных элементов карбонаты железа и магния образуют твёрдые растворы с не ограниченной растворимостью [2]. В связи с чем, разделение данных элементов, и получение их индивидуальных концентратов, удовлетворяющих требованиям предприятии черной металлургии является весьма сложной задачей.

В данной работе было проведено исследование с целью подбора параметров обогащения сидерита, обеспечивающих необходимую для металлургических предприятий чистоту железного концентрата. Изучались процессы выщелачивания магния и скандия различными реагентами, зависимость вида прокаливания на процесс дальнейшего обогащения, а также, рассмотрен ряд иных, традиционных методов обогащения. По итогам проведенных исследовании, был получен железный концентрат, состав которого приведен в таблице 1.

Соединение	Содержание, %	Элемент	Содержание, %
Fe_2O_3	91,20	Fe	63,79
MgO	2,25	Mg	1,36
SiO_2	2,19	Si	1,02
Al_2O_3	1,92	Al	1,02
MnO	1,24	Mn	0,96
CaO	0,44	Ca	0,32
K_2O	0,40	K	0,33
CO_2	0,36	C	0,10

Рис. 1. Химический состав концентрата железа

1. Винчел, А.Н. Оптическая минералогия / А.Н. Винчел, Г. Винчел; пер. с англ. М.К. Бельштерли и В.П. Петрова; под ред. Д.С. Белянкина. – Москва: Изд-во Иностранной литературы, 1953. – 565 с.

2. Никольский, Б.П. Справочник химика: в 7 т. Т.1 / Общие сведения; строение вещества; свойства важнейших веществ; лабораторная техника // под общ. ред. Б. П. Никольского. –3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Изд-во «Химия», 1966. – 1072 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЕМКОСТИ ВЕЩЕСТВ РАЗНОЙ ГИДРОФИЛЬНОСТИ В СОСТАВЕ ВИТАМИННЫХ ПРЕПАРАТОВ

Тимина Д.С.[1], Газизуллина Е.Р.[1], Герасимова Е.Л.[1], Иванова А.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: dashatimina13@mail.ru

INVESTIGATION OF ANTIOXIDANT CAPACITY OF SUBSTANCES OF DIFFERENT HYDROPHILICITY IN THE COMPOSITION OF VITAMIN PREPARATIONS

Timina D.S.[1], Gazizullina E.R.[1], Gerasimova E.L.[1], Ivanova A.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A modification of the potentiometric method for study of antioxidant capacity using HCF III as an oxidizer is presented. AOC of vitamin complexes (VC) with various hydrophilicity vitamins was studied. VC analyzed in ethanol-buffer and buffer-surfactant media. Approach can be used to study AOC of VC.

Антиоксиданты (АО) в организме человека играют важную роль в регуляции окислительно-восстановительных реакций, в частности, частично или полностью инактивируют реактогенные окислители, активные формы кислорода, свободные радикалы.

Известно, что между антиоксидантами наблюдается синергетический эффект, что увеличивает эффективность их действия. Примером является взаимодействие в организме гидрофильной аскорбиновой кислоты (витамин С) и липофильного α-токоферола (витамин Е) [1]. В данном случае, для усиления синергетического эффекта, эти витамины следует принимать совместно, а также основное внимание следует уделять изучению их антиоксидантных свойств в совместном присутствии. Дополнительным источником витаминов С и Е могут быть витаминные препараты, которые часто используются для профилактики дефицитов витаминов и микроэлементов. Целью данной работы является определение антиоксидантной емкости (АОЕ) препаратов, содержащих в своем составе антиоксиданты разной гидрофильности.

Объектами исследования являются коммерческие витаминные препараты в таблетированной форме, содержащие в своем составе аскорбиновую кислоту и α-токоферол. Поскольку исследуемые витамины имеют разную гидрофильность, измельченную таблетку растворяли в смеси спирт – вода в соотношении 1:1. АОЕ витаминных комплексов определяли потенциометрическим методом с использованием системы $K_3[Fe(CN)_6]/K_4[Fe(CN)_6]$ [2]. При этом регистрируется разница потенциалов до и после введения в систему добавки исследуемого образца. Для совместного определения витаминов разной гидрофильности измерения проводили в двух средах: фосфатный буферный раствор с pH=7,4 (PBS) – этанол и PBS-ПАВ. Ранее нами были исследованы АОЕ модельных смесей аскорбиновой кислоты и α-токоферола в разных соотношениях с целью выбора оптимальных условий проведения анализа. На основании полученных данных в качестве оптимальных условий выбраны среды PBS-этанол в соотношении 3:2 и PBS-Triton X-100 (C=5 мМ). Витаминные препараты известных марок были приобретены в аптечных сетях. АОЕ составила от (0,008 - 0,169) М-экв для среды PBS+Triton X-100 и от (0,009 - 0,201) М-экв для среды PBS – этанол (3:2).

Для сравнения результатов, полученных экспериментально с заваленным производителем содержанием активных компонентов, АОЕ рассчитывали, как количество моль-экв. антиоксидантов, приходящихся на 1 таблетку препарата. Степень корреляции количества вещества, заявленного производителем и определенного из экспериментальных данных, составила более 0.8. Предложенная модификация известного метода является простой, информативной, экспрессной и может быть использована для исследования витаминных препаратов, содержащих вещества разной гидрофильности.

1. Е.Б. Меньщикова, В.З. Ланкин, и др, Окислительный стресс. Прооксиданты и антиоксиданты. – М.: Фирма «Слово», 2006. – 556 с;
2. Ivanova A.V., Gerasimova E.L. et al., J. Anal. Chem., 70, 173 (2015).

СОРБЦИЯ ВОЛЬФРАМА ИЗ РАСТВОРОВ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ АНИОНИТОМ PUROLITE A830

Балдина А.П.[1], Титова С.М.[1], Наливайко К.А.[1],
Липатова М.Е.[1], Буньков Г.М. [1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: s.m.titova@urfu.ru

TUNGSTEN SORPTION FROM LEACHING SOLUTIONS BY ANION-EXCHANGER PUROLITE A830

Baldina A.P.[1], Titova S.M.[1], Nalivaiko K.A.[1], Lipatova M.E.[1], Bunkov G.M.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The influence of solution filtration intensity on sorption effectiveness of tungsten by anion-exchanger Purolite A830 was studied. The increase of solid and liquid phase ratio from 1:1,5 to 1:3 resulted in a decrease of capacitance characteristics of sorbent.

Ионный обмен является эффективным способом переработки первичных вольфрамовых концентратов, при этом основная задача заключается в очистке вольфрама от примесных элементов [1]. Вольфрамовый концентрат предварительно выщелачивают растворами гидроксида натрия, и затем полученные продуктивные растворы направляют на сорбцию вольфрама анионитами.

В предыдущих работах, по результатам экспериментов в статическом режиме, было показано, что вольфрам эффективно извлекается из продуктивных растворов выщелачивания макропористым анионитом марки Purolite A830 с комплексными аминами в качестве функциональных групп.

В данной работе исследовали сорбцию вольфрама из продуктивных растворов в динамическом режиме, а именно, определяли влияние скорости фильтрации раствора через слой ионита на эффективность процесса. Сорбцию вели анионитом Purolite A830 в рабочей SO_4^{2-} - форме из модельного раствора, содержащего 7,14 г/л – W; 15 г/л – NaOH. Прежде, чем направить на сорбцию, продуктивный раствор предварительно подкисляли серной кислотой до pH 2,7. Сорбцию вели при соотношении твердой и жидкой фаз (Т:Ж) 1:1,5 и 1:3. Выходные кривые сорбции вольфрама представлены на рис. 1.

При увеличении скорости фильтрации раствора через слой анионита насыщение сорбента происходит быстрее. Так, проскок вольфрама в фильтрат на уровне 20% от исходной концентрации при соотношении Т:Ж=1:1,5 достигается после фильтрации 43 колоночных объемов раствора, при этом значение динамической обменной емкости (ДОЕ) составило 300,15 кг W/м^3. При увеличении фазового соотношения Т:Ж до 1:3 проскок вольфрама до 20% от исходной концентрации достигается при фильтрации всего 32 колоночных объемов раствора. При этом значение ДОЕ снизилось до 211,27 кг W/м^3.

Таким образом, увеличение скорости фильтрации раствора через слой анионита Purolite A830 снижает эффективность сорбционного извлечения вольфрама из продуктивных растворов выщелачивания первичных вольфрамовых концентратов. Максимальные значения емкостных характеристик достигнуты при фазовом соотношении Т:Ж=1:1,5.

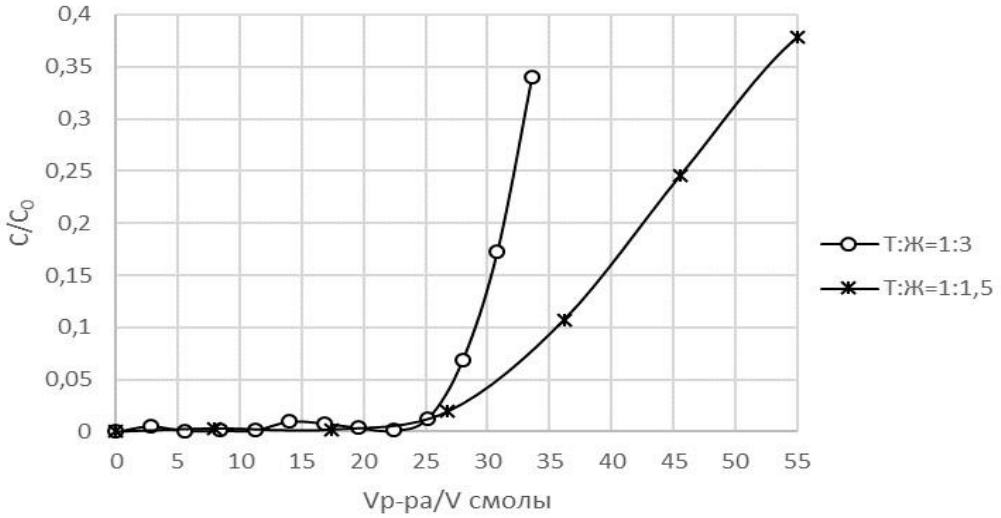


Рис. 1. Выходные кривые сорбции вольфрама анионитом Purolite A830

1. Чегринцев, С.Н. Сорбционное извлечение вольфрама из раствора вольфрамата натрия / С.Н. Чегринцев, А.Н. Дьяченко, Р.И. Крайденко // Химия в интересах устойчивого развития. – 2012. - № 21. - С 345-348.

КИНЕТИКА СОРБЦИИ СКАНДИЯ АМФОЛИТОМ LEWATIT TP 260 ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ

Наливайко К.А.[1], Титова С.М.[1], Балдина А.П.[1],
Яковлева О.В.[1], Кириллов Е.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: avotitms@mail.ru

KINETIC OF SCANDIUM SORPTION BY AMPHOLYTE LEWATIT TP 260 FROM SULPHURIC ACID SOLUTIONS

Nalivaiko K.A.[1], Titova S.M.[1], Baldina A.P.[1], Yakovleva O.V.[1], Kirillov E.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The kinetics of sorption of scandium on the ampholyte Lewatit TP 260 from acidic solutions was studied to establish a limiting stage. All experiments performed indicate that scandium sorption is performed in external diffusion mode.

Скандий находит все большее применение во многих отраслях промышленности, таких как авиа- и ракетостроении, электронике, металлургии и т.д. Из-за своих физико-химических свойств выделение скандия в виде самостоятельного соединения возможно только при гидрометаллургической переработке промышленных отходов, содержащих скандий. Одним из таких методов переработки является ионный обмен на полимерных сорбентах, содержащих аминометилфосфоновые функциональные группировки.

Процесс ионного обмена проходит в несколько последовательных стадий, скорость сорбции определяется по самой медленной их них. Установление механизма сорбции является сложной задачей и требует учета множества факторов: размера зерен ионита, интенсивности перемешивания, температуры и т.д.

Для установления лимитирующей стадии процесса сорбции скандия из сернокислых растворов определяли влияние на кинетику сорбции размера зерна ионита, интенсивности перемешивания, а также температуры рабочего раствора. Для исследования был выбран аминометилфосфоновый амфолит марки Lewatit TP 260. Состав исходного раствора, г/дм^3: 0,1 – Sc, 5 – H_2SO_4.

Эксперименты проводили в статических условиях при температуре 200С и 500С. Навеску сорбента массой 1,0000 г в воздушно–сухом состоянии перемешивали механической мешалкой с интенсивностью 350 и 500 об/мин в объеме раствора 1 дм^3, пробоотбор производили через каждые 10 минут в течение 1,5 часов.

Известно [1], что размер зерна при лимитировании процесса внутренней диффузией гораздо сильнее влияет на скорость обмена, чем при лимитировании внешней диффузией. Если при прочих равных условиях уменьшить размер частиц, то внутренняя диффузия ускоряется гораздо сильнее пленочной.

В нашем случае размер зерна ионита Lewatit TP 260 (400 мкм и 500 мкм) незначительно влияет на увеличение скорости сорбции, поэтому предполагаем наличие у данного ионита внешнедиффузионных затруднений.

Повышение температуры рабочего раствора до 500С несколько ускоряет процесс сорбции на ионите Lewatit TP 260. Это можно объяснить тем, что энергия активации для сорбционных процессов составляет 20–40 кДж/моль, поэтому повышение температуры может приводить к переходу в область внешней диффузии.

Увеличение интенсивности перемешивания способствует возрастанию скорости сорбции скандия, так как уменьшения толщины пленки жидкости на поверхности зерен ионита приводит к возрастанию скорости сорбции, и мы можем предполагать внешнедиффузионный механизм сорбции.

Таким образом, проведенные эксперименты указывают на протекание сорбции скандия из сернокислых растворов исследуемого состава во внешнедиффузионном режиме.

1. Полянский Н.Г. Методы исследования ионитов. – Москва: «Химия». 1976. – 206.

СПЕКТРОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИХЛОРИДОВ ЛАНТАНИДОВ (Yb, Sm, Eu) В РАСПЛАВАХ ХЛОРИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Тропин О.А.[1], Костюков Е.А.[1], Волкович В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: tropinoleg@gmail.com

SPECTROELECTROCHEMICAL STUDY OF LANTANIDE DICHLORIDS (YB, SM, EU) IN ALKALI METAL CHLORIDE MELTS

Tropin O.A.[1], Kostyoukov E.A.[1], Volkovich V.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Reduction of ytterbium, samarium and europium trichlorides to dichlorides was studied in NaCl–KCl–CsCl and NaCl–KCl mixture based melts at 823–1123 K employing high temperature spectroelectrochemistry. Electronic absorption spectra of solutions of Yb(II), Sm(II) and Eu(II) chlorides were recorded.

В данной работе разработанна методика изучения растворов дихлоридов редкоземельных элементов (Yb, Sm, Eu) в хлоридных солевых расплавах путем восстановления соответствующих трихлоридов и одновременной регистрацией электронных спектров поглощения восстановленных форм. В работе в качестве электролитов использовали эквимольную смесь NaCl–KCl и более легкоплавкую эвтектическую смесь NaCl–KCl–CsCl. Эксперименты проводились в

температурном диапазоне 823–1123 К. Исходная концентрация трихлоридов лантанидов в расплаве составляла около 1 мас. % (по соответствующему металлу).

Была выполнена регистрация электронных спектров поглощения ионов лантанидов (II), полученных электрохимическим восстановлением исходных трихлоридов, рассчитаны коэффициенты экстинкции для данных соединений при различных температурах (823–1123 К). Пример изменений электронных спектров поглощения, зарегистрированных в процессе восстановления ионов Yb(III) до Yb(II), представлен на рисунке.

По результатам электрохимических измерений рассчитаны значения изменения свободной энергии Гиббса образования комплексных хлоридных соединений двухвалетных лантанидов (Yb, Sm, Eu) в исследованных расплавах. Степень восстановления ионов Ln(III) до Ln(II), достигнутая в различных условиях, была определена по результатам химического анализа проб электролитов.

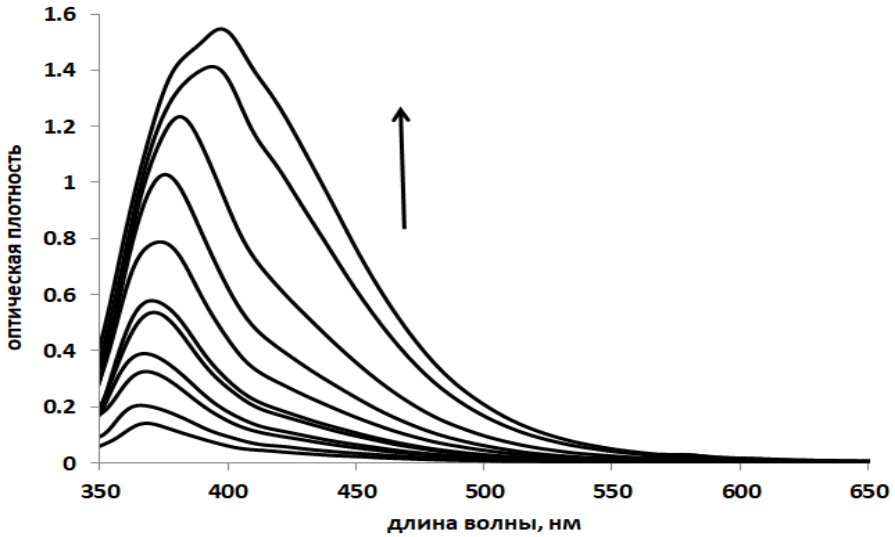


Рис. 1. Изменение спектров поглощения расплава NaCl–KCl–$YbCl_3$ в процессе электрохимического восстановления ионов Yb(III) до Yb(II), 750 °С. Стрелка показывает направление изменения спектральной картины.

TITANIUM WASTEWATER SLUDGE PROCESSING

Tsarev N.S.[1], Gorbich T.A.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia
E-mail: nstzar@mail.ru

Industrial titanium wastewater sludge are formed by manufacturing processing methods of raw materials and titanium etching and alloys. These sludges can be processed and produced marketable products. It is showed to receive the technology of titanium sludge processing.

At present titanium details for Boeing and Airbus, components of aircraft engines [1], satellite communications, intercontinental missiles and submarines, elements of race cars “Formula One”, implants and others are produced in the Urals.

Almost all manufacturing processing methods of raw materials (carnallite, loparite, pyrochlore and other minerals), are accompanied by the chlorine, hydrogen chloride, phosgene, carbon monoxide, carbon dioxide and other harmful contaminations emissions into the environment. One of the major gases purification stage is conducted in bubbling washer using liquid water or lime milk suspension scrubbing.

The dissolution of chlorine gas forming hypochloric and hydrochloric acids results from water gas stream flow irrigation. Absorption of contaminations occurs with the formation of hypochlorite and chlorite calcium and calcium chlorate, when liquid lime milk suspension scrubbing is used.

In order to maintain high sorption properties of the liquid scrubbing, part of it is replaced by a proper amount of fresh water or lime milk. It results in industrial sewage containing hydrochloric acid, suspended solids, and metals.

The solutions based on sulfuric acid or sulfuric and fluohydric acids or fluohydric acid salts are used for titanium etching and alloys. When etching titanium half-blank, waste etching solutions (WES) and waste alkaline melts (WAM) are formed.

Discharging a large number of WES in reservoirs and exporting of WAM in the city landfill site is materially prejudicial to natural environment, causing poisonous reservoirs, increased salinity in surface and groundwater, salinization and alkalization of soils adjacent to water bodies.

The industrial sewage sludge from one of the Urals plants was studied in the research.

Studies conducted at the Department of Water Resources and Technology UrFU showed that the total content of titanium in the sludge solid phase is 7%. Sludge is the secondary material resource.

The aim of the research is to develop a science-based technology for processing titanium sewage sludge into marketable products that could prevent landfilling and reduce the negative impact of titanium plants on the environment.

Scientific novelty is supposed to receive the following:

1) Regularity of titanium sludge dewatering.

2) Regularity of thermal and chemical sludge treatment.

3) The technology of titanium sludge processing in marketable coagulate.

Sludge treatment technology includes dewatering stages and special chemical treatment. Dewatering sludge process is needed to reduce energy costs in their subsequent chemical treatment.

When conducting research it is planned to test experimentally gravity thickening, pressure filtration, vacuum and centrifugation techniques for sludge dewatering.

Burning techniques for dewatered sludge followed by specific treatment of the resulting products are expected to be employed for marketable products.

1. Moiseyev V. N. Titanium alloys: Russian aircraft and aerospace applications. CRC press (2005)

СИНТЕЗ ОБРАЗЦОВ СРАВНЕНИЯ ОКСИДА СКАНДИЯ МЕТОДОМ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ С ЛИТИЙ-БОРАТНЫМ ФЛЮСОМ

Кочергина Е.В.[1], Вагина А.О.[1], Абрамов А.В.[1], Ребрин О.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: anna_shibitko@mail.ru

DEVELOPMENT OF SCANDIUM OXIDE REFERENCE MATERIALS BY HIGH-TEMPRETURE MELTING WITH LITHIUM-BORATE FLUX

Kochergina E.V.[1], Vagina A.O.[1], Abramov A.V.[1], Rebrin O.I.[1]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

To develop homogeneous reference materials (RMs) the conditions of analytes melting with lithium-borate flux were found. Interim concentrated powder mixtures of analytes were prepared from glass beads. The set of RMs for XRF scandium oxide analysis was synthesized using an electric fluxer.

Сырьем для получения металлического скандия является его оксид, он же определяет чистоту конечного продукта. Ввиду перехода примесных компонентов в ходе технологического процесса в чистый металл особенно важно производить контроль состава оксида скандия, содержание примесей в котором составляет от $3 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-2}$ мас. %.

Химический анализ оксида скандия решено проводить методом волнодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектрометрии, выбор которого обусловлен его экспрессностью, простотой исполнения и высокой точностью анализа. Образцы сравнения для корректного анализа оксида скандия методом РФА должны обладать высокой гомогенностью. По этой причине в качестве способа

пробоподготовки выбрано высокотемпературное сплавление исходных веществ – аналитов с литий-боратным флюсом.

В ходе работы эмпирически определены условия создания образцов сравнения: состав флюса, соотношение проба : флюс, выбран антисмачивающий агент и установлено его минимально необходимое количество, установлены температура и продолжительность сплавления, позволяющие синтезировать хорошо сформованные стеклянные диски.

Произведен синтез набора образцов сравнения. Для минимизации погрешности взвешивания, приготовлены промежуточные стеклянные диски с содержанием аналитов 0.5–1.0 мас. %. Полученные диски измельчены до состояния крупнодисперсного порошка и на их основе изготовлены смеси для финального сплавления с необходимыми концентрациями аналитов.

Сплавление выполнялось на электроплавильной печи Katanax K1 Prime с использованием платиновой гарнитуры (95 % Pt, 5 % Au).

СОРБЦИЯ ДОКСОРУБИЦИНА НА ПОВЕРХНОСТЬ SiO_2/АМИНОПРОПИЛСИЛАН МОДИФИЦИРОВАННЫХ МАНГИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ

Вахрушев А.В.[1], Дёмин А.М.[1], Валова М.С.[1], Минин А.С.[2], Краснов В.П.[1]

[1)] Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

[2)] Институт физики металлов им. М.Н. Михеева, УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: avv@ios.uran.ru

DOXORUBICIN SORPTION ONTO SiO_2/AMINOSILANE-COATED MAGNETIC NANOPARTICLES

Vahrushev A.V.[1], Demin A.M.[1], Valova M.S.[1], Minin A.S.[2], Krasnov V.P.[1]

[1)] Postovsky Institute of organic synthesis of UB RAS, Yekaterinburg, Russia

[2)] Miheev Institute of Metal Physics of UB RAS, Yekaterinburg, Russia

In this work, we describe the synthesis of magnetic nanoparticles (MNPs) by co-precipitation and the modification of their surface with alkoxysiloxane reagents. We evaluate the sorption activity of SiO_2/aminosilane-coated MNPs using the antitumor drug doxorubicin.

Магнитные наночастицы (МНЧ) часто используются в качестве основы для создания препаратов для диагностики [1] и терапии опухолевых заболеваний [2], а также как платформа для доставки лекарственных средств. МНЧ на основе магнетита (Fe_3O_4) обладают высокими магнитными свойствами, низкой токсичностью и биосовместимостью. В данной работе МНЧ получали методом со-осаждения из раствора солей Fe^{2+} и Fe^{3+} (MNPs) (Рис. 1). Часть частиц стабилизировали N-фосфонометилиминодиуксусной кислотой (PMIDA) [3].

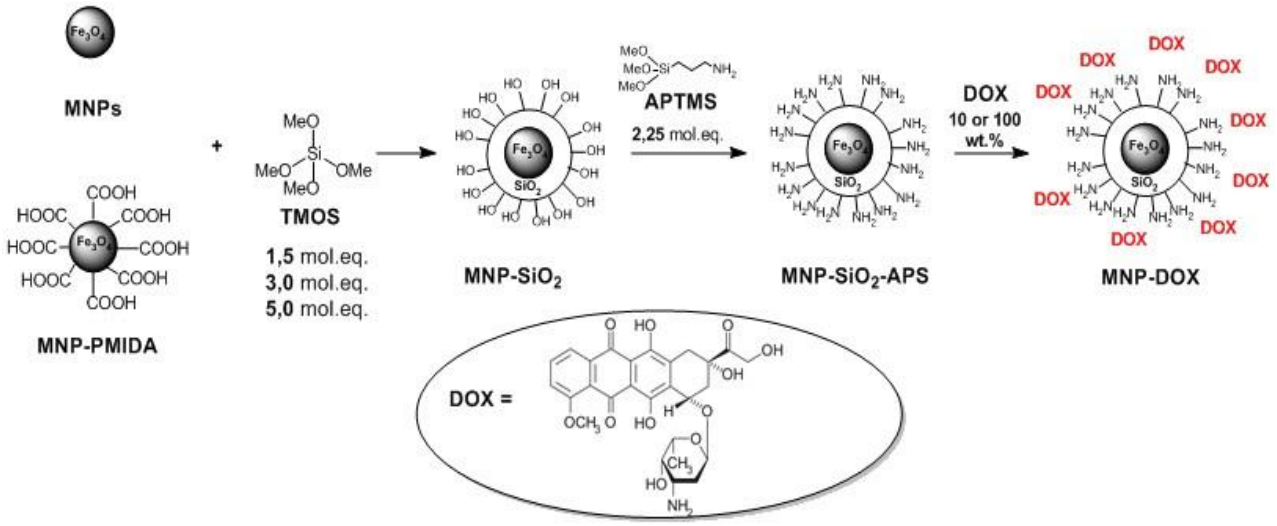


Рис. 1. Схема синтеза «core-shell» МНЧ и сорбция на них доксорубицина.

Покрытие на основе SiO_2, способное выступать в роли сорбента и в дальнейшем быть модифицированным каким-либо молекулярным вектором, наносили на MNPs и MNP-PMIDA с использованием тетраметоксисилана (TMOS) и затем 3-аминопропилтриметоксисилана (APTMS).

Полученные МНЧ анализировали физико-химическими методами: ИК-спектроскопия, рентгено-флуоресцентная спектроскопия, динамическое рассеяние света, определи площадь удельной поверхности (Syд). Для сорбции противоопухолевого препарата доксорубицина (DOX) была выбрана серия МНЧ, полученных с использованием PMIDA, обладающих наибольшей Syд и, соответственно, имеющих больший потенциал для сорбции гидрофильных лекарственных средств.

Сорбцию проводили в массового соотношении МНЧ:DOX 10:1 и 1:1 в водном растворе при +18°C в течение 24 ч, при постоянном перемешивании. Количество иммобилизированного DOX рассчитывали по данным УФ-спектрофотомерии фильтратов, выделенных после осаждения МНЧ из реакционных масс. Показано, что эффективность сорбции напрямую зависела от удельной площади поверхности и количества использованного для сорбции DOX. Наибольшая эффективность (100%) наблюдалась для образца, полученного с использованием 5-кратного мольного избытка TMOS и при проведении сорбции с использованием соотношения МНЧ:DOX 1:1.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания (АААА-А19-119011790130-3) с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Спектроскопия и анализ органических соединений» (ЦКП «САОС», ИОС УрО РАН).

1. A. G. Pershina, O. Ya. Brikunova, A. M. Demin, O. B. Shevelev, I. A. Razumov, E. L. Zavjalov, D. Malkeyeva, E. Kiseleva, N. V. Krakhmal', S. V. Vtorushin, V. L. Yarnykh, V. V.

Ivanov, R. I. Pleshko, V. P. Krasnov and L. M. Ogorodova, Nanomedicine: NBM, 20, Article 102086 (2020).

2. Y. Zhang, M. Dang, Y. Tian, Y. Zhu, W. Liu, W. Tian, Y. Su, Q. Ni, C. Xu, N. Lu, J. Tao, Y. Li, S. Zhao, Y. Zhao, Z. Yang, L. Sun, Z. Teng and G. Lu, ACS Appl. Mater. Interfaces, 9, 30543–30552 (2017).

3. A. M. Demin, A. G. Pershina, A. S. Minin, A. V. Mekhaev, V. V. Ivanov, S. P. Lezhava, A. A. Zakharova, I. V. Byzov, M. A. Uimin, V. P. Krasnov and L. M. Ogorodova, Langmuir, 34, 3449–3458 (2018).

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ ФОСФАТОВ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПОРОШКАМИ ОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Верещагин А.О.[1], Машковцев М.А.[1], Прибытов М.Д.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Vereshchagin.A.O@yandex.ru

STUDY OF PHOSPHATES SORPTION BY ZIRCONIUM OXIDE POWDERS FROM AQUEOUS SOLUTIONS

Vereshchagin A.O.[1], Mashkovtsev M.A.[1], Pribytov M.D.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The ability of zirconia oxide powders to remove phosphates from water was studied. The experimental data fitted well with the Langmuir model isotherm. Theoretical maximum adsorption capacity for P was estimated to be 36,3 mg/g. This adsorption capacity was compared with other similar materials.

Многогранность химического поведения этого элемента, в частности сорбционные свойства его гидратированного оксида, определили широкий круг возможности использования циркония и его соединений в различных областях техники и связанных с ним научных исследований. Гидратированный оксид циркония обладает высокой степенью сродства для сорбции фосфора из водной среды, также он устойчив к окислителям, имеет низкую растворимость, высокую термостойкость и амфотерный характер, что делает его исследование перспективным.

Порошок оксида циркония был получен методом осаждения при постоянном pH из азотнокислого раствора циркония при помощи р-ра аммиака.

Исследование сорбционных свойств вели в статическом режиме, в качестве сорбата был использованы фосфат-ионы. Расчётная целевая концентрация фосфора в пробах составляла: 10; 20; 30; 40; 50 мг/л по P. Равновесную концентрацию фосфора в пробах определяли при помощи метода фотометрии.

Размер и форма частиц порошка оксида циркония были исследованы при помощи методов лазерной дифракции и оптический микроскопии соответственно.

На рисунке 1 представлена изотерма сорбции в координатах линейных уравнений Ленгмюра, где qe (мг/г) – количество абсорбированного фосфора на 1 г сорбента при равновесии; Ce (мг/л) – равновесная концентрация фосфора в растворе. При анализе изотермы Ленгмюра была определенна максимальная сорбционная ёмкость Q0 = 36,3 мг/г. Дополнительно был выполнен расчёт корреляционного коэффициена для изотермы Ленгмюра (R2 = 0,988) из чего можно сделать вывод, что изотерма хорошо согласуется с экспериментальными данными.

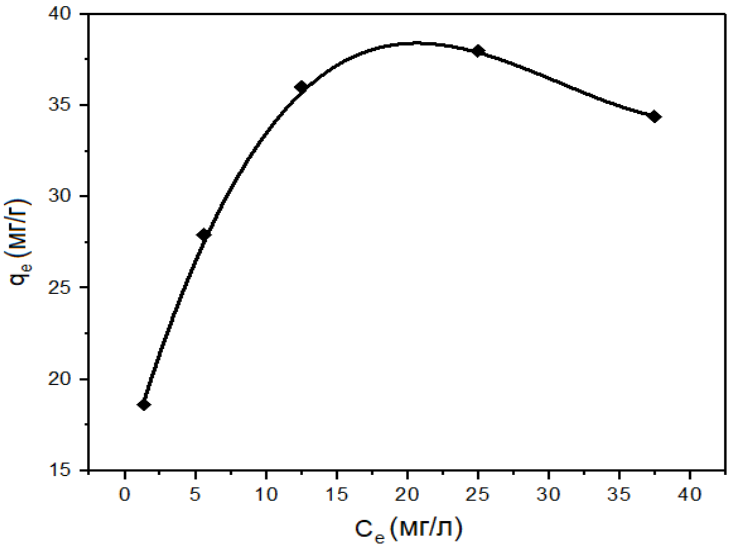


Рис. 1. Изотерма сорбции Ленгмюра

По результатам лазерной дифракции и оптической микроскопии было установлено что: частицы порошка имеют форму крупных агломератов со средним размером 27,9 мкм.

Также было проведено сравнение полученного значения максимальной сорбционной емкости Q0 (мг/г) со значениями для других материалов. Среди просмотренных материалов наш оказался лучше нанокомпозита на основе оксида циркония (21 мг/г) [1], мезопористого оксида циркония (29,7 мг/г) [2], но слегка хуже наноструктурированного гидратированного ферро-циркониевого бинарного оксида (37,87 мг/г) [3].

1. Chen L., Zhao X., et al, Journal of Hazardous Material 284, 35-42 (2014)
2. Fard A. K., Mckay G. , et al, Chemical Engineering Journal 317, 331–342 (2017)
3. Zhou K., Wu B., Chemical Engineering Journal 345, 640–647 (2018)

РАЗДЕЛЕНИЕ ЛАНТАНА И ЦЕРИЯ НА СУЛЬФОКАТИОНИТЕ PUROLITE C-160

Яковлева О.В.[1], Абдрахманова А.К.[1], Титова С.М.[1], Наливайко К.А.[1], Кириллов Е.В.[1], Рычков В.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: nakamura211017@gmail.com

LANTANUM AND CERIUM SEPARATION ON SULFONIC CATION-EXCHANGER PUROLITE C-160

Yakovleva O.V.[1], Abdrahmanova A.K.[1], Titova S.M.[1], Nalivaiko K.A.[1], Kirillov E.V.[1], Rychkov V.N. [1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Values of full dynamic exchange capacity of sulfonic cation-exchanger Purolite C-160 on La and Ce during sorption from sulfuric acid solutions at pH 2,5 were determined. These values were 33,97 kg La/m3 и 35,53 kg Ce/m3.

Известно, что концентраты редкоземельных металлов (РЗМ), полученные при переработке технологических растворов скважинного подземного выщелачивания урана, обладают высокой активностью вследствие присутствия изотопа Ac-227 (дочерний радионуклид цепочки распада U-235). Дезактивацию концентратов РЗМ возможно проводить с применением сорбции на сульфокатионитах.

Процесс сорбционного разделения редкоземельных металлов и актиния исследовали при помощи системы La-Ce, где сорбционное поведение РЗМ моделируется на основе результатов сорбции Ce, а данные, полученные для La, позволяют сделать выводы о закономерностях процесса для Ac. В предыдущих работах было показано, что сорбция La и Ce сульфокатионитом Purolite C-160 с наибольшей эффективностью осуществляется из сернокислых растворах, именно поэтому растворение первичного концентрата РЗМ для предварительного насыщения катионита по целевым элементам необходимо вести серной кислотой [1]. Также было определено, что повышение pH исходного раствора приводит к увеличению емкостных характеристик катионита как по La, так и по Ce. При этом максимальное значение pH исходного раствора равно 2,5.

В данной работе определяли значения полной динамической обменной емкости (ПДОЕ) катионита Purolite C-160 по лантану и церию при сорбции из сернокислого раствора с pH 2,5. Сорбцию вели в динамическом режиме из раствора, содержащего 4,46 г/дм^3 церия и 4,74 г/дм^3 лантана, при соотношении фаз Т:Ж=1:1. Выходные кривые сорбции лантана и церия представлены на Рис. 1.

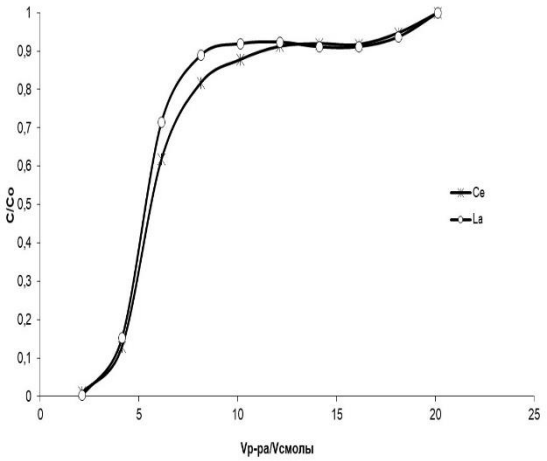


Рис. 1. Выходные кривые сорбции La и Ce сульфокатионитом Purolite C-160 из сернокислых растворов с pH 2,5

Насыщение катионита по лантану и церию достигается одновременно при фильтрации 20 колоночных объемов раствора. Значения ПДОЕ при этом достаточно велико и составило 33,97 кг La/м^3 и 35,53 кг Ce/м^3.

Таким образом, сульфокатионит Purolite C-160 обладает высокими значениями ПДОЕ по лантану и церию и может эффективно применяться для дезактивации первичного концентрата РЗМ.

1. Титова С.М., Яковлева О.В. и др. Сорбция лантана и церия из кислых растворов на сульфокатионите. Наука. Технологии. Инновации. Сборник научных трудов всероссийской научной конференции молодых ученых (Часть 3) Новосибирск: НГТУ, 2019. С.143-146

СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЗМ ИЗ НИТРОФОСФАТНОГО РАСТВОРА ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ АПАТИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА

Юлдашбаева А.Р.[1], Кириллов Е.В.[1], Кириллов С.В.[1],
Буньков Г.М.[1], Малышев А.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет
E-mail: alina.iuldashbaeva@urfu.ru

SORPTION EXTRACTION OF REM FROM NITROPHOSPHATE ACID SOLUTION OF APATITE CONCENTRATE PROCESSING

Yuldashbaeva A.R.[1], Kirillov E.V.[1], Kirillov S.V.[1],
Bunkov G.M.[1], Malyshev A.S.[1]
[1)] Ural Federal University

The sorption recovery of rare earth elements from an apatite concentrate in the nitrophosphate process of fertilizer production has been studied. It was determined that the most effective ion exchanger is the multifunctional cation exchanger containing sulfonic and phosphonic functional groups.

Фосфатные минералы, такие как апатит, являются одним из основных источников производства минеральных удобрений и фосфорной кислоты. Эти минералы обычно содержат низкие концентрации редкоземельных элементов (около 1 масс. % по РЗО) [1]. В последние годы спрос на многие РЗМ увеличился из-за широкого применения в передовых отраслях техники, связанных с их уникальными электронными, оптическими и магнитными свойствами. Несмотря на то, что содержание РЗЭ в апатите является низким, присутствие данных руд в больших количествах позволяет использовать его в качестве вторичного источника для получения редкоземельных элементов.

NPK (азот, фосфор и калий) удобрения могут быть получены при переработке апатита на минеральные удобрения с использованием азотной кислоты, при этом в раствор переходит 95-98% РЗМ. Эти растворы характеризуются очень сложным химическим составом, содержащим повышенное количество анионов (нитрат-ионов, фосфат-ионов и соединений кремниевой кислоты) и катионов РЗМ и других металлов. Интегрированное отделение РЗМ в нитрофосфатном процессе позволит улучшить экономическую эффективность гидрометаллургического процесса.

Попытки извлечения РЗМ из таких сложных растворов осуществлялись в основном осаждением или экстракционными методами, при этом имеет место выделение побочных малорентабельных продуктов. Это требует дополнительных инвестиций в выделение этих продуктов и в организацию обращения с ними. Перспективной технологией представляется сорбционное извлечение РЗМ из нитрофосфатных растворов с получением коллективного концентрата.

Отсутствие контакта органических веществ с основными технологическими растворами и качественное отделение РЗМ от породообразующих анионов кремния, фтора и фосфора даст возможность получать концентраты РЗМ дальнейшая переработка которых будет иметь экономическую эффективность.

В данной работе изучено сорбционное извлечение РЗМ из азотно-фосфорнокислой пульпы процесса переработки апатитового концентрата.

Результаты испытаний показали, что наибольшей емкостью по РЗМ обладают иониты с фосфорсодержащими функциональными группами. Выявление оптимальных параметров сорбционного извлечения РЗМ из азотно-фосфорнокислого раствора при изучении статики и динамики сорбции и десорбции позволяет утверждать, что стабильные рабочие характеристики показали полифункциональные катиониты, содержащие сульфоновые и фосфоновые функциональные группы, которые способны извлекать 70-80% РЗМ при соблюдении оптимальных режимов и добиться очистки от примесей в элюатах более чем в пять раз.

1. Gupta, C., Krishnamurthy, N. Extractive Metallurgy of Rare Earth. CRC PRESS. (2005).

ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАТИНОВОГО ДИСКОВОГО ЭЛЕКТРОДА МЕТОДОМ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОГРАФТИНГА АМИНОБЕНЗОЙНЫХ КИСЛОТ

Зайдуллина Р.А.[1], Свалова Т.С.[1], Сайгушкина А.А.[1],
Малышева Н.Н.[1], Козицина А.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: t.s.svalova@urfu.ru

FUNCTIONALIZATION OF THE PLATINUM ELECTRODE BY THE METHOD OF OXIDATIVE ELECTROGRAPHING OF AMINOBENZOIC ACIDS

Zaidullina R.A.[1], Svalova T.S.[1], Saigushkina A.A.[1],
Malysheva N.N.[1], Kozitsina A.N.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The determining factor in the preparation of the electrochemical immunosensor is the immobilization of the bioreceptor. In the course of the research it was established that oxidative electrographing of 2-aminobenzoic is more effective than 3- and 4-aminobenzoic acids.

Биосенсоры находят все более широкое применение в науке, медицине, биотехнологии, экологии и др. так как позволяют быстро и качественно анализировать сложные, многокомпонентные объекты. (Био)химические сенсоры состоят из двух компонентов: из системы химического (молекулярного) распознавания

(рецептора) и физико-химического преобразователя (трансдьюсера). В бесферментных иммуносенсорах в качестве рецептора наиболее распространено использование иммунной реакции. Иммобилизация иммунорецепторного слоя на преобразователе сигнала достигается путем модификации рабочей поверхности электрода химическим слоем в качестве связующего агента (линкера). В качестве метода функционализации поверхности электрода широко применяется электрографтинг [1], позволяющий адресно иммобилизовать на поверхности электрода органический слой различной толщины и структуры (рис.1).

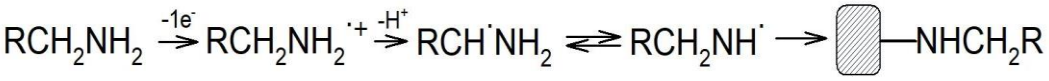


Рис. 1. Механизм окислительного электрографтинга аминов.

Целью настоящей работы являлась функционализация поверхности платинового электрода электроосажденным слоем аминобензойных кислот (АБК) с различным взаимным расположением заместителей.

Электрографтинг проводили с использованием потенциостата/гальваностата Autolab PGSTAT 204. В качестве рабочего электрода использовали платиновый дисковый (Metrohm, Швейцария), в качестве вспомогательного и электрода сравнения - стеклоуглеродный стержень и хлоридсеребряный электрод соответственно. Процедуру электроокисления проводили в потенциостатическом режиме при потенциале окисления аминобензойной кислоты, выбранному по ЦВА потенциодинамического режима.

В ходе проведенных сравнительных исследований установлено, что потенциалы окисления пара-АБК и мета-АБК практически не различаются, в то время как процесс электроокисления орто-АБК происходит при меньшем перенапряжении, что свидетельствует о более легком протекании электрохимической реакции. Сравнение степени блокирования поверхности платинового электрода, модифицированного аминобензойными кислотами, показало, что орто-АБК также более эффективно электроосаждается на поверхности электрода. Причиной этому может служить различное распределение электронной плотности исследуемых молекул и, следовательно, разная реакционная способность.

1. Daniel Bélanger, Jean Pinson. «Electrografting: A Powerful Method for Surface Modification». Chemical Society Reviews 40, вып. 7 (2011 г.): 3995.

ОКИСЛЕТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА САМАРИЯ В РАСПЛАВАХ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ $CaCl_2$–CaF_2

Захарова В.В.[1], Волкович В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

E-mail: zakharova.viktoria99@mail.ru

REDOX PROPERTIES OF SAMARIUM IN THE MELTS BASED ON $CaCl_2$–CaF_2 MIXTURES

Zakharova V.V.[1], Volkovich V.A.[1]
[1)] Ural Federal University

Cyclic voltammetry was applied for studying electrochemical behavior of samarium in melts based on $CaCl_2$–CaF_2 mixtures at 740–840°C and 0.22–0.88 mol/l samarium concentration. Samarium(III) ions undergo reversible reduction to Sm(II). Diffusion coefficients of Sm(III) and Sm(II) ions were determined.

Расплавы на основе смесей галогенидов (хлоридов и фторидов) щёлочноземельных металлов могут быть использованы в качестве флюсов при переплавке урана и плутония. При переработке отработавшего ядерного топлива стадия переплава используется для очистки делящихся металлов от примесей оксидов редкоземельных продуктов деления. Также расплавы хлоридов и фторидов щёлочноземельных металлов находят применение в качестве электролитов при получении редкоземельных металлов. Для организации технологического процесса необходима информация о свойствах и поведении рассматриваемых металлов в рабочих электролитах. Целью настоящей работы являлось исследование окислительно-восстановительных свойств самария в расплавах на основе смесей фторида и хлорида кальция.

В качестве метода исследования была выбрана циклическая вольтамперометрия, являющаяся высокочувствительным и экспрессным методом исследования поведения и определения концентраций (в т.ч. следовых количеств) ионов в электролитах. Работа проводили в инертной атмосфере. Рабочая ячейка включала вольфрамовый рабочий электрод, электрод сравнения из того же материала и противоэлектрод из стеклоуглерода. Измерения проводили в расплаве CaF_2–$CaCl_2$ при 740–840 °C. Концентрацию самария в электролите варьировали в диапазоне от 0,22 до 0,88 моль/л путем порционной загрузки трифторида самария в расплав. Вольтамперные характеристики снимали при разной скорости поляризации рабочего электрода в диапазоне от 0,1 В/с до 0,01 В/с.

Пример циклических вольтамперограмм представлен на рис. 1.

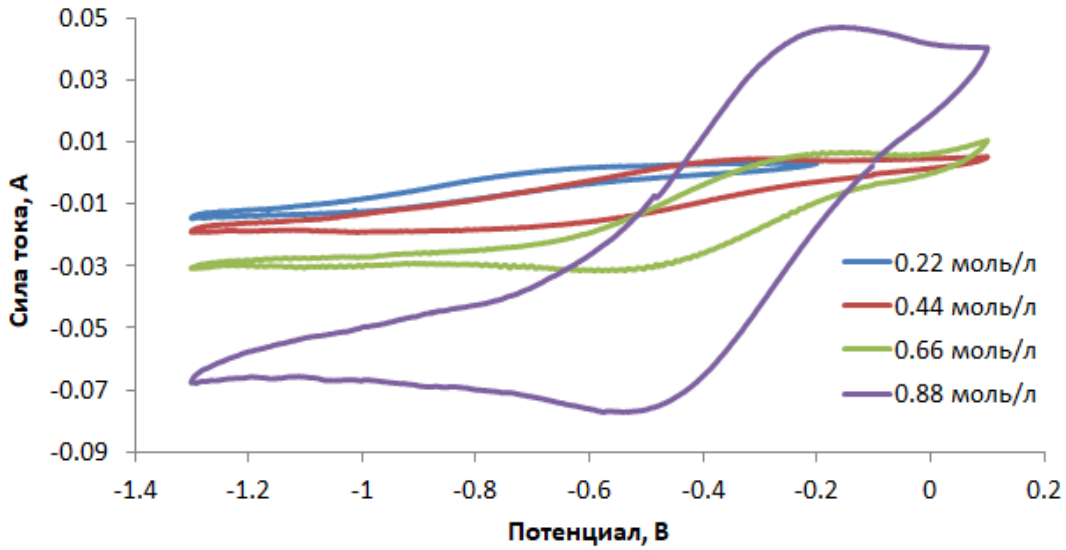


Рис. 1. Циклические вольтамперограммы в области перезаряда Sm(III)/Sm(II) в расплаве $CaCl_2$–CaF_2 (20 мол. %) при разных концентрациях ионов Sm и скорости поляризации 0,1 В/с (840 °С).

На вольтамперограммах присутствуют один катодный и один анодный пик, соответствующие перезаряду ионов Sm(III)/Sm(II). Анализ вольтамперограмм показал, что данный электрохимический процесс является обратимым одноэлектронным и контролируется диффузией. Установлено, что при увеличении концентрации ионов самария возрастает интенсивность пиков на вольтамперограммах, определены коэффициенты диффузии ионов и сделан вывод о применимости данного метода для определения концентрации ионов самария в расплаве.

СИНТЕЗ АЗИД-МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦ МАГНЕТИТА ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ИММУНОАНАЛИЗА

Ждановских В.О.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: v.o.zhdanovskikh@urfu.ru

SYNTHESIS OF AZIDE-MODIFIED MAGNETIT NANOPARTICLES FOR ELECTROCHEMICAL IMMUNOANALYSIS

Zhdanovskikh V.O.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The aim of this study was to obtain stable azide-modified nanocomposites based on magnetite nanoparticles and to evaluate the prospects for their use as carriers of immunoreceptors and labels in electrochemical immunoanalysis.

Развитие концепции биосенсоров сегодня обусловлено переходом к персонализированной медицине и требует создания надежных измерительных устройств для индивидуального использования, доступных широкому кругу населения. Электрохимические иммуносенсоры – портативные, чувствительные и надежные аналитические устройства, основанные на регистрации изменения электрохимических параметров системы в результате протекания на поверхности рабочего электрода комплементарного взаимодействия между антигеном и антителом. Такой тип биосенсоров сегодня является наиболее перспективным с точки зрения практического применения и коммерциализации, однако требует совершенствования подходов к иммобилизации иммунорецепторного слоя на поверхности рабочего электрода.

Целью настоящей работы являлось получение стабильных азид-модифицированных нанокомпозитов на основе наночастиц магнетита и оценка перспектив их применения в качестве носителей иммунорецепторов и меток в электрохимическом иммуноанализе.

Предложенный в работе способ включал в себя полимеризацию винилбензилазида на поверхности наночастиц магнетита с последующей сшивкой с эфиром пропаргил-N-гидроксисукцинимида по реакции медькатализируемого азид-алкинового циклоприсоединения (схема 1).

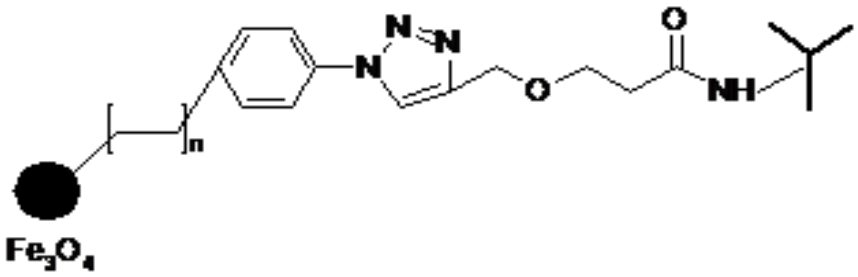


Рис. 1. Структура синтезированных конъюгатов «Fe_3O_4-иммуноглобулин»

Структуру полученных конъюгатов подтверждали методом ИК-спектроскопии. В результате проведенных исследований установили, что синтезированные конъюгаты электрохимически восстанавливаются на поверхности платинового электрода. Процесс сопровождается появлением на вольтамперограмме выраженного катодного пика, величина которого пропорционально изменяется с изменением концентрации наночастиц. Таким образом, синтезированные иммуноконъюгаты являются перспективным материалом для применения в электрохимическом иммуноанализе как в качестве носителей рецепторного слоя, так и в качестве прямой сигналообразующей метки.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВКИ КАРБОНАТ-ИОНОВ НА СВОЙСТВА ГИДРАТИРОВАННОГО ОКСИДА ЦИРКОНИЯ ПРИ ОСАЖДЕНИИ

Жестева А.Н.[1], Жиренкина Н.В.[1], Машковцев М.А.[1], Карташов В.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: alyona.zhesteva@bk.ru

INFLUENCE OF CARBONATE IONS ADDITION ON THE PROPERTIES OF HYDRATED ZIRCONIUM OXIDE IN THE PRECIPITATION PROCESS

Zhesteva A.N.[1], Zhirenkina N.V.[1], Mashkovtsev M.A.[1], Kartashov V.V. [1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Samples of hydrated zirconium oxide were synthesized; the effect of the addition of carbonate ions in the precipitation process was studied. The effect of washing with water and isopropyl alcohol was investigated.

Оксид циркония – высокотехнологичный материал, использующийся для получения высокоогнеупорных изделий, жаростойких эмалей, тугоплавких стекол, различных видов керамики, пигментов, твердых электролитов, катализаторов, в создании теплозащитных экранов космических аппаратов, в эндопротезировании и стоматологии, для изготовления режущих инструментов, абразивных материалов и др [1].

Широкая область применения материалов на основе оксида циркония требует разнообразных свойств исходных порошков оксида циркония. Поэтому важной задачей является исследовать влияние анионов на свойства конечных порошков. Порошки на основе оксида циркония синтезируют различными методами [2]. В работе исследовано влияние добавки карбонат-ионов на свойства порошков гидратированного оксида циркония, полученного методом осаждения в контролируемых условиях.

Порошки гидратированного оксида циркония были получены методом осаждения в контролируемых условиях синтеза раствором водного аммиака в общем объеме реактора с последующей фильтрацией и сушкой при 120°С. Таким же образом получали второй образец, но в осадитель добавили карбонат-ионы в форме соли карбоната аммония. Для определения влияния промывки, суспензию после осаждения поделили на 3 части: первую фильтровали без промывки, вторую перед фильтрацией промыли дистиллированной водой, третью диспергировали в изопропиловом спирте.

При синтезе гидратированного оксида циркония с добавкой карбонат-ионов наблюдалось снижение роста частиц, в процессе осаждения они росли с 18 мкм до 23 мкм, за то же самое время образец без добавок рос с 20 до 36 мкм. При этом образец, осажденный с карбонат-ионами имеет большую удельную поверхность 8 $м^2/г$, по сравнению с первым образцом 2 $м^2/г$. Показано, что добавка карбонат-ионов уменьшает размер частиц, их сферичность, увеличивает дисперсию размеров, незначительно увеличивает удельную поверхность. Термическая обработка незначительно уменьшает размер частиц.

Исследование влияния промывки показало, что промывка дистиллированной водой увеличивает удельную поверхность в 2 раза до 16 $м^2/г$, промывка изопропиловым спиртом приводит к увеличению удельной поверхности до 21 $м^2/г$. При этом промывка не оказывает существенного влияния на размер частиц гидратированного оксида циркония.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-33-90292

1. Plasma-chemical synthesis of nanodispersed defects of yttrium and zirconium oxides from dispersed aqueous salt-organic compositions / I. Yu. Novosyolov, A. G. Karengin, I. V. Shamanin, E. S. Alyukov (2017)

2. Metal-based nanoenergetic materials: Synthesis, properties, and applications / Dilip Sundaram, Vigor Yang, Richard A. Yetter (2017)

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ PH ОСАЖДЕНИЯ В ПРИСУТСТВИИ СУЛЬФАТ-ИОНОВ, СТАДИЙ ПРОМЫВКИ И ОБЖИГА НА СВОЙСТВА ПОРОШКОВ ZrO_2 – 7%Y_2O_3

Жиренкина Н.В.[1], Машковцев М.А.[1], Карташов В.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: nina_zhirenkina@mail.ru

INFLUENCE OF PH PRECIPITATION IN THE PRESENCE OF SULFATE IONS, WASHING AND CALCINATION STAGES ON ZrO_2 – 7%Y_2O_3 POWDERS PROPERTIES

Zhirenkina N.V.[1], Mashkovtsev M.A.[1], Kartashov V.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Powders of zirconium oxide stabilized by yttrium by the precipitation method in the presence of sulfate ions were synthesized. The effect of pH precipitation, washing and calcination on the properties of zirconium oxide powders was studied.

Оксид циркония обладает уникальными свойствами, что позволяет использовать его в качестве теплозащитного покрытия, режущего инструмента, огнеупорного материала, в качестве катализатора (в стабильной при восстановительной атмосфере) [1]. Стабилизированный иттрием цирконий (YSZ) является наиболее распространенным электролитным материалом для твердооксидных топливных элементов [2]. Во многих статьях [3, 4] обсуждается добавление сульфат-ионов для получения оксида циркония с заданными свойствами или для получения сульфатированного циркония. Поэтому перспективно изучение влияния условий осаждения при варьировании параметров для получения порошков с желаемыми свойствами по технологии с добавлением сульфат-ионов.

Порошки ZrO_2 – 7%Y_2O_3 получали методом осаждения при различных значениях pH от 5 до 7, для этого использовали предварительно сформированный золь, содержащий нитраты металлов и сульфат-ионы, в качестве осадителя применяли водный раствор аммиака. Затем для исследования влияния промывки, часть образцов непосредственно подвергали фильтрации, а остальную часть образцов промывали на нутч-фильтре горячей водой 60°C. Далее все образцы подвергали термической обработке при 120°C, с последующим обжигом при 800°C и 1000°C.

В исследовании изучали влияние значения pH осаждения, а также влияние промывки осадка гидратированного оксида циркония горячей водой 60C на размер частиц и удельную поверхность оксида циркония.

Показано, что при осаждении в диапазоне значений pH от 5 до 7 в присутствии сульфат-ионов приводит к формированию частиц с бимодальным распределением частиц по размерам, причем модальное значение уменьшается с 1,06 мкм до 0,54 мкм при увеличении значения pH осаждения. Это может быть

связано с тем, что при увеличении значения pH осаждения, образуются зародыши меньшего размера, специфическая адсорбция сульфат-ионов на поверхности которых не дает им создавать плотные агрегаты, а в процессе обжига слабосвязанные агрегаты распадаются на частицы мелкой фракции.

С увеличением значения pH осаждения наблюдается увеличение значения удельной поверхности от 22.9 $м^2/г$ до 26.2 $м^2/г$. Вероятно, это может связано с тем, что, удаляясь от значения pH изоэлектрической точки диоксида циркония (pH=5), зародыши формируются со слабовыраженным двойным электрическим слоем, тем самым при обжиге сохраняется реакционная способность поверхности частиц.

Промывка горячей водой привела к снижению значений удельной поверхности, при этом наибольшая дельта наблюдалась у образца, осажденного при pH=5. Возможно, при промывке снижается концентрация сульфат-ионов, благодаря которым, образцы обладают активной поверхностью. Интересно, что при проведении промывки модальные значения незначительно повышаются, но у образцов снижается D [4,3].

Повышение температуры обжига образцов до 1000°C приводит к значительному снижению удельной поверхности до значений 6 – 10 $м^2/г$, при этом существенно снижается размер частиц, значение Moda снижается до 0.09-0.44 мкм, пик вторичной агрегации уменьшается.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-33-90292

1. Chandra N, Singh D K, Sharma M, Upadhyay R K, Amritphale S S and Sanghi S K, Journal of Colloid and Interface Science, vol. 342, pp 327–332 (2010)

2. Si-Jia Hao, Cheng Wang, Tong-Le Liu, Zhi-Ming Mao, Zong-Qiang Mao, Jian-Long Wang, International journal of hydrogen energy, vol. 42, pp. 29949-29959 (2017)

3. Derrien G, Hassoun J, Sacchetti S and Panero S, Solid State Ionics, vol. 180, pp 1267-1271 (2009)

4. Hess A and Kemnitz E, Applied Catalysis A: General, vol. 149, pp 373-389 (1997)

КИНЕТИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ЦИНКА С КОМПОНЕНТАМИ СИНТЕЗ-ГАЗА

Каграманов Ю.А.[1], Морозов Я.О.[1], Жижина У.В.[1],
Тупоногов В.Г.[1], Рыжков А.Ф.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: kargamanovya@yandex.ru

INTERACTION KINETICS OF SORBENTS BASED ON ZINC OXIDE WITH SYNTHESIS GAS COMPONENTS

Kagramanov Y.A.[1], Morozov I.O.[1], Zhizhina U.V.[1],
Tuponogov V.G.[1], Ryzhkov A.F.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russian Federation

The kinetics of the substitution reaction of hydrogen sulfide with zinc oxide and side reactions of oxide reduction in reducing components of solid-fuel synthesis gas are considered.

В процессе сухой горячей очистки твердотопливного синтез газа помимо целевой реакции замещения сероводорода с оксидом цинка, возможны побочные реакции редукции оксида в восстановительных компонентах синтез-газа (H_2, CO, CH_4, C) а также редукция сульфида цинка с образованием карбонил сульфида. Для описания массообмена в частице сорбента используется зернистая модель, где частица представляется в виде массива зерен. Зерна одинаковы по размеру и физическим свойствам (плотности, коэффициенты диффузии, степени конверсии). По отдельности зерна подчиняются модели стягивающегося ядра: имеют ядро активного компонента (ZnO для прямой целевой реакции) и кору из твердого продукта реакции (ZnS для прямой целевой реакции).

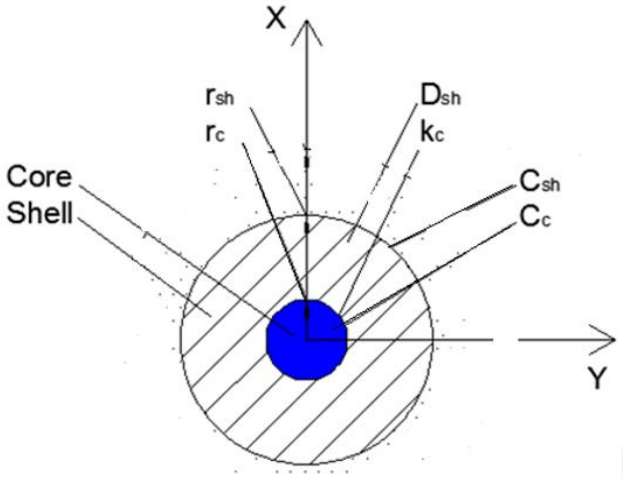


Рис. 1. Модель стягивающегося ядра для зерна сорбента

Результатом расчетов является зависимость константы скорости реакции от температуры, выраженная в экспоненциальной форме через предэкпоненциальный множитель и энергию активации.

Поскольку в реакции замещения учитывается диффузионное сопротивление коры твердого продукта, то при определении константы скорости реакции (если порядок реакции равен единице) оно учитывается вместе с кинетическим сопротивлением ядра.

$$k_1 = \frac{1}{\left[\frac{C_{sh}}{R_1} - R_{sh}\right] \cdot S_g}$$

В расчетах константы скорости реакции использовались результаты термогравиметрических исследований. Полученные зависимости констант сравниваются с литературными данными [1,2].

В побочных реакциях редукции оксида металла в восстановительной среде корка из твердого вещества не образуется, а ядро уменьшается, поэтому процесс массопередачи описывается лишь законом действующих масс.

$$R_2 = k_2 \cdot C_c^{n_2} \cdot S_g$$

Получены зависимости констант скоростей побочных реакций сорбентов от температуры при взаимодействии с H2, CO, CH4, происходящих в интервале 550-1000°C. Наибольшую скорость имеет реакция с метаном при температуре 850-1000°C, взаимодействие с H2 и CO происходит менее интенсивно.

1. Evaluation of zinc oxide sorbents in a pilot-scale transport reactor sulfidation kinetics and reactor modeling / Turton, R. Ind. Eng. Chem. Res., 2004

2. Microkinetics of H_2S Removal by Zinc Oxide in the Presence of Moist Gas Atmosphere /Fan, H. Journal of Natural Gas Chemistry, 2003

ВЛИЯНИЕ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ IV-V ГРУПП НА СТРУКТУРУ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭКВИАТОМНЫХ АЛЮМИНИЙ-МАРГАНЕЦ-ХРОМ- ЖЕЛЕЗО-СОДЕРЖАЩИХ СПЛАВОВ

Журавлев В.В.[1], Красиков С.А.[1]

[1)] Институт металлургии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, ул. Амундсена, 101
E-mail: zhvv11@mail.ru

THE INFLUENCE OF RARE ELEMENTS OF GROUP IV-V ON THE MECHANICAL AND PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF EQUIATOMIC ALUMINUM-MANGANESE-CHROMIUM-IRON-DERIVED ALLOYS

Zhuravlev V.V.[1], Krasikov S.A.[1]

[1)] Institute of Metallurgy, Ural Branch of RAS, 620016, Yekaterinburg, ul. Amundsen, 101

A literature review of the existing alloy in the Al-Cr-Mn-Fe system to produce highly entropic alloys was performed. An experiment is planned to create a highly entropic system Al-Cr-Mn-Fe- (Ti, Zr, V, Nb, Ta).

Металлические многокомпонентные высокоэнтропийные сплавы предполагают новый класс материалов с высокой энтропией смешения элементов, что рассматривается как мера вероятности сохранения устойчивости такой системы в данном состоянии. Это обеспечивает повышенную термическую стабильность фазового состава и структурного состояния, а, следовательно, и механических, физических и химических свойств сплава. В высокоэнтропийных сплавах, с одной стороны, есть возможность образования и сохранения многоэлементного твердого раствора замещения как непосредственно после кристаллизации высокоэнтропийного сплава, так и при последующей термомеханической обработке, а с другой – в твердом состоянии сплав приобретет уникальные сочетания физико-механических характеристик.

Высокоэнтропийные сплавы (ВЭСы) обычно включают 5–10 элементов ($\Delta Smix$ = 13–19 Дж/моль·К), которые находятся, как правило, в эквиатомном соотношении. Их главные отличительные особенности заключаются в разнородности электронного строения атомов элементов и их размеров, термодинамических свойств, что приводит к существенному искажению в кристаллической решетке твердого раствора замещения. Сочетание перечисленных факторов способствует значительному упрочнению твердого раствора и термодинамической стабильности его свойств [1].

Анализ известных литературных источников показал, что свойства высокоэнотропийных сплавов, где основными элементами были Cr, Fe, Co, Ni [2, 3] характеризуются уникальными физико-механическими характеристиками. Данных, где при создании высокоэнтропийных металлических композиций используются, например, V, Nb, Ta, Ti, Mo, W не обнаружено. В этой связи, представляется

перспективным изучение влияния тугоплавких редких элементов (Ti, Zr, V, Nb, Ta) на свойства систем, где основа композиции состоит из алюминия, хрома, марганца и железа. Из выбранных элементов только Al имеет структуру ГЦК, другие элементы в чистом виде обладают ОЦК кристаллической решеткой. Но Al способен растворяться в ОЦК-металлах, что предполагает большую вероятность образования в выбранной композиции однофазной ОЦК-структуры.

Таким образом, эквиатомные или высокоэнтропийных сплавы Al-Cr-Mn-Fe (Ti, Zr, V, Nb, Ta) могут представлять интерес для синтеза новых материалов с повышенными физико-механическими свойствами.

1. Новый класс материалов – Высокоэнтропийные сплавы и покрытия / С.А. Фирстов, В.Ф. Горбань, Н.А. Крапивка, Э.П. Печковский // Вестник ТГУ, 2013. N.18 вып.4. – 1938 с.

2. Nanoindentation behavior of high entropy alloys with transformation-induced plasticity / Sinha S., Mirshams R.A., Wang T.a, Nene S.S., Frank M., Liu K., Mishra R.S. // Scientific Reports 2019, Volume 9, Issue 1, № 6639.

3. Influence of composition and as-cast structure on the mechanical properties of selected high entropy alloys / D. Mitrica, M.T. Olaru, V. Dragut, C. Predescu, A. Berbecaru, M. Ghita, I. Carcea, M. Burada, D. Dumitrescu, B.A. Serban, I.C. Banica // Materials Chemistry and Physics 2020, Volume 242.

СЕКЦИЯ 5

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

PROBING PROPERTIES OF 6061 ALUMINUM ALLOY USED AS CLADDING FOR NUCLEAR REACTOR FUEL WITH X-RAY DIFFRACTION (XRD)

Mahmoud. H. Abd-Elhakim[2], Mostafa Mostafa[1, 3], Mostafa Darwash[2], M. Abdel-Rahman[1], M. A. Abdel-rahman[1], Emad A. Badawi[1]

[1)] Minia University, Minia, Egypt
[2)] Nuclear and Radiological Regulatory Authority, Cairo, Egypt
[3)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
E-mail: dmyph85@gmail.com

The aim of this work is using the XRD to study the crystal properties of 6061 Al-alloy which is used for cladding of nuclear fuel by determining the crystalline size, micro strain, defect density, etc . XRD device model no (202964) Operator (Beni Suef University) is used

The atomic planes of a crystal cause an incident beam of X-rays to interfere with one another as they leave the crystal. This phenomenon is called X-ray diffraction. Crystals consist of planes of atoms that are spaced a distance d apart, but can be resolved into many atomic planes, each with a different d spacing. a, b and c (lengths) and α, β and γ are angles between a, b and c those are lattice constants (parameters) which can be determined by XRD. The 6061Al alloys is used as cladding for nuclear reactor fuel so it is very important to study the properties of this alloy by several techniques such as XRD.

The aim of this work is using the XRD to study the crystal properties of 6061 Al-alloy which is used for cladding of nuclear fuel by determining the crystallite size, micro strain, defect density, etc . XRD device model no (202964) Operator (Beni Suef University) is used. The results indicate that the crystalline size of 6061 alloys decreases gradually from 0.388 to 0.075 with thickness reduction. Also, the micro-strain and the lattice parameter nearly constant for all degree of deformation only changes irregularly and there is a peak approximately at 9% of thickness reduction due to the preferred orientation. The dislocation has an exponentially variation from 9.7 x10^8 Cm^(-2) to 1.14 x10^9 Cm^(-2).

1. Abdel-Rahman, M. (2009). Detecting thermal defects in age hardening Al-6063 alloys by Positron annihilation Doppler broadening technique. Physica

2. Abdel-Rahman, M. A., Kamel, N. A., Abdel-Rahman, M., Abo-Elsoud, M., Lotfy, Y. A., &Badawi, E. A. (2006). Defect Densities Using the Positron Annihilation Doppler Broadening Technique in Wrought Alloys 3003 and 3005. In Defect and Diffusion Forum (Vol. 251, pp. 79-88). Trans Tech Publications.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕДИ И СПЛАВОВ МЕДИ ПРИ УДАРНО-ВОЛНОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Абдуллина Д.Н.[1], Хомская И.В.[1, 2], Разоренов С.В.[3],
Шорохов Е.В.[4], Гаркушин Г.В.[3]

[1)] Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский Федеральный Университет им .первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Институт проблем химической физики РАН, г. Черноголовка, Россия
[4)] Российский федеральный ядерный центр-ВНИИТФ им. акад. Е.И. Забабахина, г. Снежинск, Россия
E-mail: abdullina@imp.uran.ru

MECHANICAL PROPERTIES OF COPPER AND COPPER ALLOYS UNDER SHOCK WAVE LOADING

Abdullina D.N. [1], Khomskaya I.V. [1, 2], Razorenov S.V. [3],
Shorokhov E.V.[4], Garkushin G.V. [3]

[1)] Miheev Institute of Metal Physics, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia
[3)] Institute of Problems of Chemical Physics of Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Russia
[4)] Russian Federal Nuclear Center–Zababakhin All-Russian Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia

The dynamic properties of technical copper and electrical alloys based on Cu–Zr and Cu–Cr systems with submicrocrystalline and nanocrystalline structures obtained by high-speed deformation were studied under shock wave loading with a pressure of up to 7 GPa and a deformation rate of 10^5 s^{-1}.

Изучено влияние дисперсности кристаллической структуры меди чистотой 99.8 мас.% и сплавов Cu-0.03 мас.%Zr и Cu-0.1 мас.%Cr на их сопротивление высокоскоростному деформированию и разрушению. Ударно-волновые эксперименты проводили в специальной взрывной камере, при этом давление составляло 5.6-7.0 ГПа, скорость деформации в разгрузочной части волны сжатия перед откольным разрушением - $(0.9\text{-}2.0)\cdot10^5$ $с^{-1}$. Регистрация профилей скорости свободной поверхности образцов осуществлялась с помощью Доплеровского измерителя скорости VIZAR, имеющего временное разрешение ~ 1 нс [1]. Субмикро - и нанокристаллические (СМК и НК) структуры, размером от 0.05 до 0.50 мкм в образцах были получены методом динамического канально-углового прессования - ДКУП, разработанном в РФЯЦ-ВНИИТФ, г. Снежинск [2]. При ДКУП материалы деформируются со скоростями до ~10^5 $с^{-1}$, т.е. на шесть порядков выше, чем при известном квазистатическом методе РКУП. Показано, что на

результирующую структуру материала при ДКУП оказывают влияние высокоскоростная деформация простого сдвига, ударно-волновая деформация сжатия и температура. Преобразование исходной крупнокристаллической - КК структуры в СМК и НК в меди происходит в результате циклических процессов фрагментации и динамической рекристаллизации. В сплавах меди СМК структура формируется за счет фрагментации и частичного деформационного старения с выделением наноразмерных частиц Cu_5Zr и Cr. Анализ эволюции структуры и механических свойств: динамического предела упругости (σHEL), динамического предела текучести (Y) и динамической (откольной) прочности (σsp) меди и сплавов до и после ДКУП по различным режимам позволил оценить влияние дисперсности и дефектности кристаллической структуры на ее сопротивление высокоскоростному деформированию и разрушению. В частности, измельчение зерна меди от 100 до 0.05-0.40 мкм при ДКУП n=1 и n=4, увеличивает σHEL и Y в 6 раз. Определено, что ДКУП сплавов Cu-Zr и Cu-Cr, приводящее к измельчению кристаллитов от 200-400 до 1-5 (0.2-0.4) мкм увеличивает σHEL и Y в 1.9-4.0 раза, по сравнению с исходным КК состоянием. Рост σHEL обусловлен специфической неравновесной структурой, сформированной при ДКУП, характеризующейся наличием большого числа микродефектов, которые препятствуют движению дислокаций. Увеличение Y СМК+НК меди и СМК сплавов показывает, что упрочняющий эффект ДКУП сохраняется при сверхвысоких скоростях деформирования. Откольная прочность σsp СМК сплава Cu-0.1 мас.%Cr увеличивается в 1.5 раза, по сравнению с исходным КК состоянием. σsp меди при измельчении до СМК+НК состояния увеличивается в 1.4 раза, что связано с образованием при ДКУП меди структуры, состоящей из сильно разориентированных зерен размерами 0.05-0.40 мкм со значительной долей высокоугловых границ, что способствует затруднению роста микротрещин, т.е. затягиванию процесса высокоскоростного разрушения.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Структура» № АААА-А18-118020190116-6 и Программе Президиума РАН «Конденсированное вещество и плазма при высоких плотностях энергии».

1. Разоренов С.В., Гаркушин Г.В., ЖТФ, Т. 85, №.7, С. 77-82 (2015).

2. Способ динамической обработки материалов: пат. 2283717 РФ / Шорохов Е.В., Жгилев И.Н., Валиев Р.З. 2006. Бюл. № 26. 64 с.

КОРРОЗИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В РАСПЛАВАХ KCl–LiCl–UCl_3

Алимгулов Р.Р.[1], Трубченинова А.Ю.[1], Чукин А.В.[1], Карпов В.В.[1], Абрамов А.В.[1], Жиляков А.Ю.[1], Половов И.Б.[1], Ребрин О.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: alimgulovruslan@rambler.ru

CORROSION OF CERAMIC MATERIALS IN MOLTEN KCl–LiCl–UCl_3

Alimgulov R.R.[1], Trubcheninova A.N.[1], Chukin A.V.[1], Karpov V.V.[1], Abramov A.V.[1], Zhilyakov A.Y.[1], Polovov I.B.[1], Rebrin O.I.[1]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Corrosion resistance of such ceramic materials as BN, Si_3N_4, ZrO_2 was studied in fused KCl–LiCl mixtures containing 8 wt., % uranium(III) chloride. The rate and the mechanism of the corrosion of the materials studied were determined. The processes taking place during the interaction between perspect

Пирохимическая переработка ОЯТ в расплавленных солях рассматривается как один из наиболее перспективных способов сократить накопившиеся объемы высокоактивных отходов, так как по сравнению с водными методами имеет простое аппаратурное оформление, в результате образуется меньшее количество вторичных отходов и благодаря радиационной стойкости расплавленных солей позволяет перерабатывать топливо с выдержкой 1-2 года. Ключевой стадией при высокотемпературной переработки является операция электролитического рафинирования, проводимая в расплаве KCl-LiCl с содержанием 8 масс.,% UCl_3. Для реализации данного процесса нужно подобрать коррозионностойкий конструктивный материал с низким сечением захвата нейтронов, поэтому основной целью настоящей работы являлось исследование коррозионного поведения керамических материалов в солевом расплаве KCl–LiCl–UCl_3.

В качестве перспективных конструкционных материалов были выбраны следующие материалы: BN, Si_3N4, ZrO_2. Коррозионные испытания проводили в температурном интервале 550,650 и 750 °C в течении 100 ч в инертной атмосфере. Уран в расплав вводили в виде UCl_3, содержание урана в электролите составляло 5 мол. %.

Несмотря на то, что представленные керамические материалы относятся к классу высокоплотных, в результаты длительной выдержки образцы пропитались расплавом. В случае с BN наблюдался наибольший прирост по массе, что является признаком не только физического, но и химического взаимодействия материала со средой. Керамические материалы привлекают своей инертность, но значительное набухание пор материалов приводит к ухудшению механических свойств материала.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ $EuFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$ ($0 \le X \le 1$)

Альхамова А. Д.[1], Галайда А. П.[1, 2], Волкова Н. Е.[1], Гаврилова Л. Я.[1], Черепанов В. А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: aalkhamova.dim@mail.ru

STRUCTURE AND PROPERTIES OF $EuFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$ ($0 \le X \le 1$) COMPLEX OXIDES

Alkhamova A. D.[1], Galayda A. P.[1, 2], Volkova N. E.[1], Gavrilova L. Ya.[1], Cherepanov V. A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] The Institute of High Temperature Electrochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

$EuFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$ complex oxides with the perovskite-type structure have been prepared using a glycerin-nitrate technique at 1100°C in air. According to the XRD results of quenched samples, single-phase solid solutions $EuFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$ with the orthorhombic structure (space group Pbnm) were formed within

Сложнооксидные материалы, обладающие высокой электронной и ионной проводимостью, привлекают внимание исследователей. Область применения подобных соединений включает в себя использование в качестве электродов топливных элементов, кислородных мембран, катализаторов, чувствительных компонентов газовых сенсоров и пр. [1]. Основное внимание уделяется оксидам с перовскитоподобной структурой на основе редкоземельных элементов и 3d металлов, поэтому целью настоящей работы является изучение структуры и физико-химических свойств сложных оксидов $EuFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$.

Синтез образцов для исследования осуществляли по глицерин-нитратной технологии при температуре 1100°C на воздухе, с последующей закалкой на комнатную температуру. Фазовый состав образцов контролировался рентгенографически.

По данным РФА установлено, что твёрдые растворы $EuFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$ образуются непрерывно в интервале составов $0 \le x \le 1$. Рентгенограммы образцов удовлетворительно описываются в рамках орторомбической ячейки (пр.гр. Pbnm). Увеличение концентрации кобальта в образцах приводит к линейному уменьшению параметров и объема элементарной ячейки твёрдых растворов, что можно объяснить с точки зрения размерных эффектов. На рисунке 1 приведены

концентрационные зависимости параметров элементарной ячейки $EuFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$.

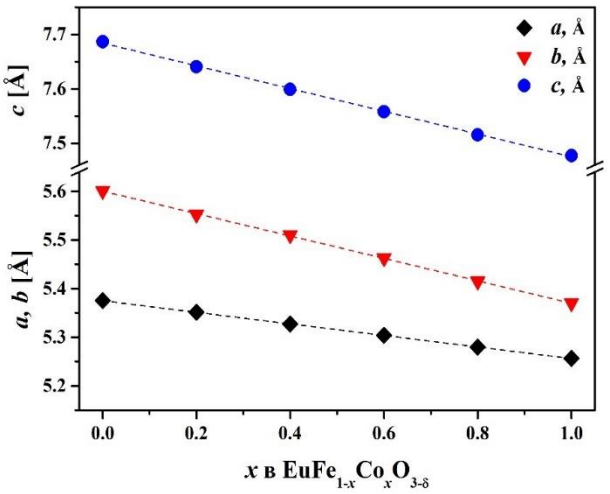


Рис. 1. Зависимости параметров элементарной ячейки оксида от состава твёрдого раствора $EuFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$

1. Galayda A. P., Volkova N. E. [et al.], J. Alloys Compd., 718, 288–297 (2017)

ТЕРМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ МНОГОСЛОЙНОЙ СТРУКТУРЫ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ $[In_2O_3/C]_{25}$

Бассараб В. В.[1], Панков С. Ю.[1], Каширин М. А.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
E-mail: v.bassarab@yandex.ru

THERMAL STABILITY OF THE MULTILAYER STRUCTURE IN THIN FILMS $[In_2O_3/C]_{25}$

Bassarab V. V.[1], Pankov S. Y.[1], Kashirin M. A.[1]

[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Thin-film coatings $[In_2O_3/C]_{25}$ were by ion-beam sputtering. X-ray diffraction patterns were taken and analyzed after exposure to temperature annealing, the results of which made conclusions about the change in the structure of the layers after heating to 200-550°C.

Тонкие пленки In_2O_3 широко используются в электронике в качестве проводящих прозрачных слоев. Высокие значения проводимости этих пленок обусловлены большим количеством кислородных вакансий; в то же время, электрические свойства таких пленок не обладают высокой стабильностью при условиях изменения состава атмосферы. Стабилизации свойств можно добиться путем

создания многослойных структур и композитов на основе оксида индия. Одной из рассматриваемых структур являются тонкие пленки In_2O_3-C.

Тонкопленочные структуры In_2O_3-C, были получены методом ионно-лучевого распыления на установке УВН-2М [1]. Формирование слоев In_2O_3 и C происходило послойным осаждением материала на вращающуюся подложку. Для получения различных толщин прослоек C между мишенью и подложкодержателем устанавливался экран с V-образным вырезом. Полученные таким образом многослойные структуры имели толщины от 65-120 нм.

Термообработка проводилась при температурах от 200°C до 550°C с шагом 50°C с удержанием температуры в течении 30 минут в вакууме $4 \cdot 10^{-2}$ торр. По результатам рентгеновской малоугловой дифракции (Bruker D2 Phaser, λCuK_α = 1,54Å) было установлено, что данное покрытие является многослойным со слоями In_2O_3 и C. При достижении определенной температуры (в интервале 350 – 450°C) наблюдается исчезновение пиков малоугловой дифракции, что свидетельствует о разрушении многослойной структуры.

Анализ картин рентгеновской дифракции показал, что слои In_2O_3 имеют поликристалическую структуру, а C – аморфную. При увеличении температуры отжига растет интенсивность пиков и происходит их смещение в сторону больших углов по 2θ. Это свидетельствует о том, что при нагреве происходит процесс рекристаллизации с незначительным изменением параметра решетки.

1. Rylkov V. V., Nikolaev S. N., Chernoglazov K. Yu. et. al., Phys. Rev. B: Condens. Matter, 95, 144202, (2017).

МОДИФИКАЦИЯ КРАФТОВОЙ БУМАГИ ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ ЕЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ

Басырова С.И.[1], Галиханов М.Ф.[1], Шаймухаметова И.Ф.[1],
Богданова С.А.[1], Махотина Л.Г.[2]

[1)] Казанский национальный исследовательский технологический университет, Россия
[2)] Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
E-mail: basyrova.sara@mail.ru

MODIFICATION OF CRAFT PAPER TO CHANGE ITS SURFACE PROPERTIES

Basyrova S.I.[1], Galikhanov M.F.[1], Shaymukhametova I.F.[1],
Bogdanova S.A.[1], Mahotina L.G.[2]

[1)] Kazan National Research Technological University, Russia
[2)] Saint Petersburg State University industrial technology and design

The influence of the concentration of the polymer coating and the electret effect on the processes of wetting and absorption were studied.

Целлюлозно-бумажные материалы являются естественно возобновляемым ресурсом в отличие от ископаемых природных продуктов. На данный момент их использование в сочетании с биоразлагаемыми полимерами является актуальным, т.к. благодаря полимерному покрытию возможно изменить или даже улучшить свойства [1]. Также возможна модификация поверхности целлюлозно-бумажных материалов при воздействии полей различной природы, например, униполярным коронным разрядом [2].

В данной работе были изучены закономерности влияния толщины полимерного покрытия и обработки коронным разрядом на процессы смачивания и впитываемости бумаги

В качестве объекта исследования были выбраны образцы крафтовой бумаги (КБ) и бумаги с покрытием из поликапролактона (ПКЛ). Нанесение полимерного покрытия на бумагу осуществляли из 1%-ного раствора в хлороформе при помощи скин-коатера. Обработку униполярным коронным разрядом (к.р.) осуществляли в течение 30 секунд.

Согласно полученным результатам наблюдается повышение гидрофобных свойств (капельная впитываемость, при полном погружении, смачивание) крафтовой бумаги при нанесении поликапролактонного покрытия ~ на 3%, а при дополнительном воздействии коронным разрядом ~ на 5-7%.

1. Касьянов Г. И. Биоразрушаемая упаковка для пищевых продуктов //Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2015. – Т. 1. – №. 1. – С. 2-3.

2. Гайнанова Г.А., Галиханов М.Ф., Мусина Л.Р. и др. Влияние поверхностной обработки мешочной бумаги полилактидным покрытием и коронным разрядом на ее барьерные свойства // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19, № 14. - С. 119.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СОСТАВА Pr-Ba-Fe-Co-O

Базуева М.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Bazueva@weburg.me

PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF PEROVSKITE-LIKE COMPOUNDS OF THE COMPOSITION Pr-Ba-Fe-Co-O

Bazueva M.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A series of samples of overall composition Ba-Pr-Fe-Co-$O_{3-\delta}$ were prepared by glycerin nitrate technique in air. Oxygen content in the oxides has been determined by means of thermogravimetry and iodometric titration. Total conductivity and Seebeck coefficient measured using a 4-probe technique/

Оксиды со структурой типа перовскита вызывают большой интерес в современной химии в связи с их устойчивостью в широком интервале температур, высокой электропроводностью, химической и термической стабильностью [1]. Варьируя природу и концентрацию допантов в А- и В-подрешетки оксида общей формулы АВО3, это приведет к изменению структуры и, как следствие, физико-химических свойств сложных оксидов. Поэтому целью настоящей работы является определение кристаллической структуры оксидов $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$ и изучение их физико-химических свойств.

Синтез образцов проводили по глицерин-нитратной технологии на воздухе. Заключительный отжиг проводили при 1100°С на воздухе с последующим медленным охлаждением до комнатной температуры. Фазовый состав полученных оксидов определяли рентгенографически. Кислородную нестехиометрию (δ) сложных оксидов $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$ изучали методом термогравиметрического анализа (ТГА) и йодометрического титрования, как функцию температуры на воздухе. Коэффициент термического расширения (КТР) образцов был рассчитан из дилатометрических данных. Общую электропроводность и коэффициент термо-ЭДС образцов определяли 4-х контактным методом в широком диапазоне температур на воздухе.

По данным РФА установлено, что области гомогенности твердых растворов $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$ при x=0.3 и y=0.2 лежат в интервалах составов $0.1 \le y \le 0.6$ и $0.1 \le x \le 0.7$. Все однофазные образцы кристаллизуются в кубической ячейке пр. гр. Pm3m. Повышение концентрации Pr приводит к уменьшению параметра элементарной ячейки, тогда как увеличение содержания ионов кобальта незначительно влияет на параметр a, что объясняется размерным эффектом.

Методами йодометрического титрования и высокотемпературной термогравиметрии установлено, что индекс кислородной нестехиометрии (δ) возрастает с увеличением температуры, концентрацией ионов бария и кобальта в образцах. Обмен кислородом между сложными оксидами и газовой фазой начинается вблизи 400°C.

Из температурных зависимостей относительного удлинения керамических образцов рассчитаны средние значения КТР для: $Ba_{0.7}Pr_{0.3}Fe_{0.7}Co_{0.3}O_{3-\delta}$ $14*10^6K^{-1}$ (25-350°C), $Ba_{0.7}Pr_{0.3}Fe_{0.7}Co_{0.3}O_{3-\delta}$ $26{,}3*10^6K^{-1}$ (450-1000°C), $Ba_{0.7}Pr_{0.3}Fe_{0.9}Co_{0.1}O_{3-\delta}$ $14.6*10^6K^{-1}$ (25-350°C), $Ba_{0.7}Pr_{0.3}Fe_{0.9}Co_{0.1}O_{3-\delta}$ $25.7*10^6K^{-1}$ (450-1000°C), $Ba_{0.8}Pr_{0.2}Fe_{0.8}Co_{0.2}O_{3-\delta}$ $13.8*10^6K^{-1}$ (25-350°C), $Ba_{0.8}Pr_{0.2}Fe_{0.8}Co_{0.2}O_{3-\delta}$ $24.5*10^6K^{-1}$ (450-1000°C).

Общую электропроводность и коэффициент Зеебека спеченных образцов $Ba_{0.7}Pr_{0.3}Fe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$ (y=0.1, 0.3) и $Ba_{0.8}Pr_{0.2}Fe_{0.8}Co_{0.2}O_{3-\delta}$ изучали 4х-контактным методом в диапазоне температур 25-1100°C. Максимальное значение общей электропроводности для образцов достигается при температуре около 300-400°C. По зависимости в координатах Аррениуса ($\ln(\sigma \times T) = f(1/T)$) в интервале 25-400ºC было рассчитано значение энергии активации проводимости и составляет 0.26-0.28 эВ, что характерно для соединений, обладающих проводимостью по перескоковому механизму.

1. Mahato N., Banerjee A., Gupta A., Omar S., Balani K. Progress in material selection for solid oxide fuel cell technology: A review // Progress in Materials Science. – 2015. – V. 72. – P. 141–337.

СИНТЕЗ НАНОСТРУКТУР НА МЕТЕОРИТЕ ЧИНГЕ

Бегунова А.С.[1], Яковлев Г.А.[1], Камалов Р.В.[1],
Панкрушина Е.А.[2], Гроховский В.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: n.s.begun@gmail.com

SYNTHESIS OF NANOSTRUCTURES ON THE CHINGA METEORITE

Begunova A.S.[1], Yakovlev G.A.[1], Kamalov R.V.[1],
Pankrushina E.A.[2], Grokhovsky V.I.[1]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, UB of RAS, Ekaterinburg, Russia

The synthesis of nanostructures was carried out by the CVD method using Chinga ataxite as a substrate. Chinga contains a submicron mixture of kamacite and taenite, which led to carbon nanotubes formation. The diameters was 15-32 nm. The taenite areas of meteorite led to hematite whisker formation.

В настоящее время ведётся поиск углеродных нанотрубок (УНТ) в космическом пространстве [1], для их синтеза могут быть использованы Fe-Ni подложки, содержащие зародыши для формирования УНТ [2]. Атаксит Чинге – железный метеорит с высоким содержанием Ni. Структура представляет собой субмикроскопическую смесь тэнита (γ) и камасита (α). В металлической (α+γ) матрице встречаются рассеянные игольчатые включения камасита размером около 100x10 мкм, с тэнитовой каймой [3]. Наличие мелкодисперсной Fe-Ni структуры объясняет интерес использования Чинге в качестве подложки для синтеза наноматериалов.

Образец был подготовлен по стандартной методике приготовления металлографических шлифов, подвергнут травлению в 1% нитале в течение 5 минут для получения более развитой морфологии поверхности. Затем были исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Zeiss SIGMA VP области, содержащие включения камасита с тэнитовой каймой шириной примерно 1,5 мкм. EDS анализ показал, что после травления в металлической (α+γ) матрице содержалось в среднем 35 мас.% Ni, во включении камасита 7 мас.% Ni, тэнит, окружающий камасит, содержал в среднем 26 мас.% Ni. Высокое содержание Ni в (α+γ) матрице может объясняться низкой стойкостью α – фазы к травлению.

Наноматериалы синтезировали на установке CVDomna, в реакционную зону которой подавалась парогазовая смесь (C_2H_5OH(95%) + воздух). Процесс проводился при температуре 600 °C и давлении 15 кПа в течение 10 минут. Охлаждение образца проводилось в разряженной атмосфере воздуха.

Образцы были исследованы с помощью СЭМ и рамановского спектрометра LabRam HR Evolution. Длина волны возбуждения составила 488 нм [4]. Исследование показало, что в результате синтеза на поверхности тэнита, обрамляющего камасит, преимущественно были синтезированы гематитовые (Fe_2O_3) нановискеры (рис. 1а), а в области (α+γ) в основном были выращены УНТ (рис. 1б).

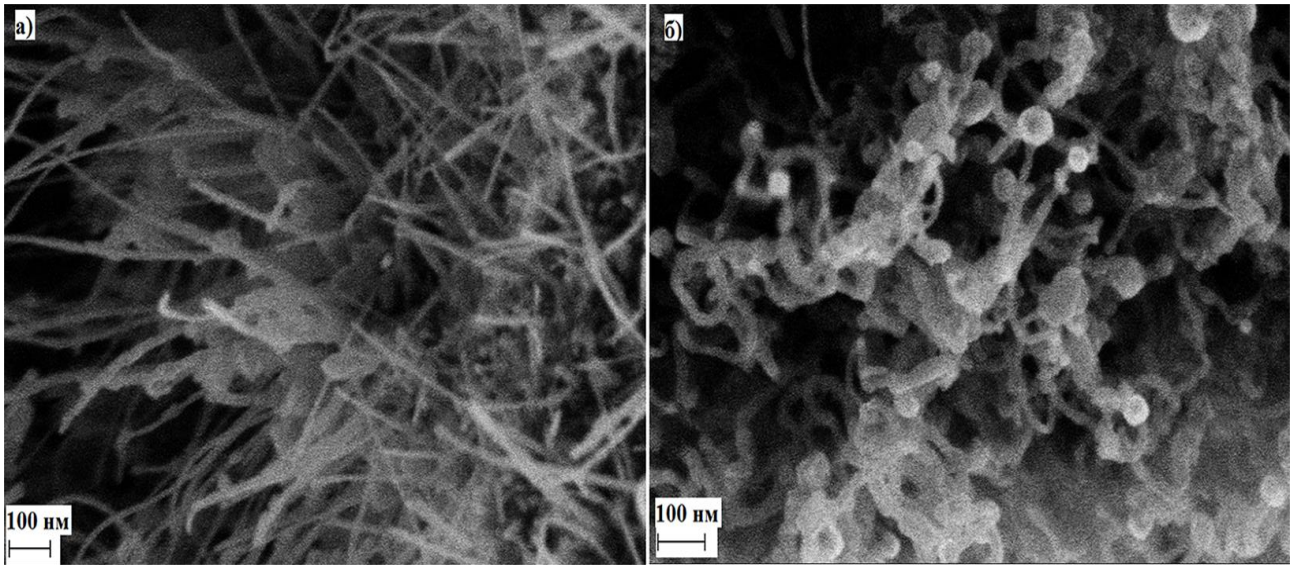


Рис. 1 – Синтезированные наноструктуры: а) – гематитовые нановискеры, б) – углеродные нанотрубки

Диапазон диаметров синтезированных УНТ – 15-32 нм, средний диаметр – 20 нм. Для оценки степени неупорядоченности массива УНТ и совпадения их по форме применялись рамановские спектры, полученные в области образца, содержащей УНТ. Они включают два основных пика: D – 1350 $см^{-1}$ и G – 1590 $см^{-1}$. Чем меньше соотношение интенсивностей ID/IG, и чем меньше полуширина пиков, тем менее разупорядочена структура УНТ, причём полуширина пика G более чувствительна к степени неупорядоченности [5]. В исследуемом образце ID/IG=1,02, полуширина пиков: FWHM(D)=120 $см^{-1}$, FWHM(G)=76 $см^{-1}$, что говорит о значительной степени неупорядоченности в структуре.

Диапазон толщин нановискеров синтезированного гематита – 11-21 нм, средний диаметр – 16 нм, анализ спектров рамановского рассеяния указал на наличие углерода в области исследования.

Мелкодисперсная структура позволила синтезировать УНТ диаметром от 15 до 32 нм, средний диаметр – 20 нм, степень неупорядоченности УНТ высокая.

Области тэнита не ведут к образованию УНТ, но в предложенных условиях на них синтезируются гематитовые нановискеры.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-32-90243. Измерения рамановских спектров выполнены в ЦКП «Геоаналитик» ИГГ УрО РАН» тема № АААА-А18-118053090045-8.

1. Chen, T., Li, A., Astronomy & Astrophysics, 631, A54 (2019).
2. Ding, F, Nano Letters, 8 (2), 463–471 (2008).
3. Buchwald, V. F. Handbook of Iron Meteorites, University of California Press (1975).
4. Dresselhaus, M. S., Dresselhaus, G., Satio, R., Jorio, A., Physical Reports, 409 (2), 27-99 (2005).
5. Antunes, E. F., Lobo, A. O., Corat, E. J., Trava-Airoldi, V. J., Carbon, 45 (5), 913-921 (2007).

МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНА УЛЬТРАЗВУКОМ И КАВИТАЦИОННЫМ ЭФФЕКТОМ

Белоусов И.Ф.[1], Капустин С.Н.[1], Керимов Р.С.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Росиия
E-mail: hare22@yandex.ru

MODIFICATION OF THE TITANIUM SURFACE BY ULTRASOUND AND CAVITATION EFFECT

Belousov I.F.[1], Kapustin S.N.[1], Kerimov R.S.[1]

[1)] Nothern (Arctic) Federal Univesity named after M.V.Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

The formation of a hardened surface layer of titanium under the action of intense ultrasound and cavitation in an aqueous medium was studied. A change in the hardness of the surface nanolayer was detected.

Исследовано образование упрочненного поверхностного слоя титана под действием интенсивного ультразвука и кавитации в водной среде. Обнаружено изменение твердости поверхностного нанослоя, продолжено исследование [1, 2] не аддитивности процессов разрушения при одновременном воздействии электрокоррозии и кавитации. На современном производстве при исследовании стойкости материалов к этим воздействиям образцы обычно подвергаются последовательному воздействию этих факторов, что создает вероятность не заметить важные эффекты.

Исследования проводились на примере титановых сплавов ТЛ-5 и 3М. для обоих сплавов было зафиксировано замедление уноса массы (до 30-50%) при одновременном воздействии кавитации, ультразвука и электрокоррозии.

Представленный материал показывает стадии влияния электрокоррозии на образец. Вначале происходит разрушения слоя наклепа, которые обладает большей коррозийной стойкостью, чем сам сплав. Разрушение слоя происходит через рост микрошероховатостей и развитие микротрещин. Через одиночные пробои слоя происходит разрушение залегающих ниже зерен. При двухчасовом

воздействии пассивирующий слой местами разрушается, обнажаются зерна, активно разъедаются межзеренные границы.

Влияние ультразвука и кавитации усиливает слой наклепа на поверхности, вминает продукты коррозии в микротрещины, перекрывая доступ жидкости в более глубокие слои материала.

1. A. A. Goshev, M. K. Eseev and S. N. Kapustin // Investigation of the metal surfaces destruction due to electrochemical corrosion and cavitation, methods of protection with the use of polymer composite coatings based on CNT // Journal of Physics: Conference Series, 2018, Volume 1124, 081022.

2. M. K. Eseev, S. N. Kapustin, and Yu. V. Tsykareva // Non-additivity of the processes of electrocorrosive and cavitational destruction of titanium // AIP Conference Proceedings 2019, Volume 2174, 2019;

ИОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ $BaLaIn_{1-x}Ti_xO_{4+0.5x}$ СО СТРУКТУРОЙ РАДДЛЕСДЕНА-ПОППЕРА

Бердникова А.А[1], Галишева А.О.[1], Тарасова Н.А.[1], Анимица И.Е. [1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: anastasia_bacardi@mail.ru

IONIC CONDUCTIVITY OF COMPLEX OXIDES $BaLaIn_{1-x}Ti_xO_{4+0.5x}$ WITH RUDDLESDEN – POPPER STRUCTURE

Berdnikova A.A.[1], Galisheva A.O.[1], Tarasova N.A.[1], Animitsa I.E.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The complex oxides $BaLaIn_{1-x}Ti_xO_{4+0.5x}$ were synthesized using the solid state method. The possibility of water uptake was proved by thermogravimetry measurements. The conductivity was measured at T and pH_2O variation

Открытие новых материалов, которые позволяют использовать водород для получения электрической энергии является ключевым шагом к удовлетворению потребностей в устройствах преобразования и хранения энергии. В настоящее время мировым трендом являются разработки по созданию среднетемпературных ТЭ (500–700ºС).

Широкомасштабное использование практически работающих устройств до сих пор не реализовано, несмотря на то, что во второй половине XX века ученые и технологи достаточно далеко продвинулись в данном направлении. Во-первых, это связано с тем, что используемые материалы не позволяют создать долговременно работающее устройство. Во-вторых, проблема состоит в подборе

технологичного и недорогого твердого электролита с высокой ионной проводимостью, стабильного как в окислительной, так и восстановительной атмосфере.

Перспективными ионными проводниками для среднетемпературных ТЭ являются протонные электролиты на основе сложных оксидов со структурой перовскита или производной от нее. Однако, в последние годы появились исследования, посвященные новому классу кислородно-ионных проводников со структурой Раддлесдена-Поппера на основе $BaNdInO_4$ [1]. Среди различных типов оксидов оксиды с данной структурой являются многообещающими кандидатами для применения в электрохимических энергетических устройствах.

В настоящей работе впервые получены сложные оксиды $BaLaIn_{1-x}Ti_xO_{4+0.5x}$, исследованы их структура и транспортные свойства.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект 20-63-46003)

1. Fujii K., Shiraiwa M., Esaki Y., J. Mat. Chem. A, 3, 11985 (2015).

НАПРАВЛЕННАЯ МОДИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ FeNi НАНОТРУБОК

Боргеков Д.[1, 2], Козловский А.[1, 2]

[1)] Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан
[2)] Астанинский филиал Института ядерной физики, г. Нур-Султан, Казахстан
E-mail: borgekov.d@gmail.com

DIRECTED MODIFICATION BY ELECTRONIC RADIATION OF FeNi NANOTUBES

Borgekov D.[1, 2], Kozlovskiy A.[1, 2]

[1)] L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
[2)] Astana branch of the Institute of Nuclear Physics, Nur-Sultan, Kazakhstan

The paper presents the results of a study of irradiation of high-energy electrons by an array of FeNi nanostructures with doses from 50 to 500 kGy. Polycrystalline nanotubes based on FeNi, the phase composition of which is a mixture of two face-centered phases: FeNi3 and FeNi.

Важными условиями применимости микроструктурных материалов и устройств на их основе является увеличение эксплуатационных характеристик, химическая и термическая стабильность и устойчивость к внешним воздействия, что оказывает большую роль на срок эксплуатации микроструктурных материалов [1]. В работе представлены результаты исследования облучения потоком высокоэнергетичных электронов массивов FeNi микроструктур с дозами от 50 до 500 кГр. В качестве исходных образцов были выбраны поликристаллические

микротрубки на основе FeNi, фазовый состав которых представляет собой смесь двух гранецентрированных фаз: FeNi3 и FeNi. В ходе исследования установлены зависимости фазовых превращений, а также изменения структурных параметров в результате электронного отжига дефектов. С помощью метода рентгеновской дифракции установлены три этапа фазовых превращений: FeNi3/FeNi → FeNi3<<FeNi → FeNi. Установлено, что увеличение степени кристалличности и плотности микроструктур в результате облучения свидетельствует об электронном отжиге дефектов и изменении фазового состава. Установлено, что наибольшей скорости деградации структурных свойств подвержены исходные микротрубки, в которых наличие двух фаз приводит к появлению в структуре разноориентированных кристаллитов разного размера, что способствует большому количеству границ зерен, а также снижению плотности. Для модифицированных образцов скорость деградации снижается в 5 раз. В ходе исследования установлена перспективность применения электронного облучения с дозами выше 250 кГр для направленной модификации FeNi микротрубок и изменения структурных особенностей.

1. Kozlovskiy, A., et al. "Effect of electronic modification on nanostructures stability to degradation." Materials Research Express 5.7 (2018): 075010.

ИЗОТЕРМИЧЕСКИЙ ОТЖИГ ЖЕЛЕЗО-НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ВНЕЗЕМНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 700 °С

Брусницына Е.В.[1], Муфтахетдинова Р.Ф.[1], Яковлев Г.А.[1],
Тютрина Т. В.[1], Гроховский В.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: jeka_bru@list.ru

ISOTHERMAL ANNEALING OF THE IRON-NICKEL ALLOY OF EXTRATERRESTRIAL ORIGIN AT A TEMPERATURE OF 700 ° C

Brusnitsyna E.V. [1], Muftakhetdinova R.F.[1], Yakovlev G.A.[1],
Tyutrina T. V.[1], Grokhovsky V. I.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The metal structure heated fragments from pallasite and octahedrite parts the Seymchan meteorite (PMG) was studied. We observed the changes in the kamacite, taenite and plessite structures.

Исследования влияния теплового воздействия на металлическую структуру метеоритов проводились еще в прошлом веке. Например, в работе [1] авторы нагревали железный метеорит Canyon Diablo в диапазоне температур 300 – 1000 ºС с выдержкой от 5 минут до 30 дней. Особое внимание уделялось превращениям, происходящим вблизи частицы графита. Также исследовались структуры после нагрева железного метеорита La Primitiva [2]. Отжиг проводился при температуре от 400 до 720 ºС с различной выдержкой до 19 часов. В результате было установлено, что рекристаллизация камасита α-Fe(Ni,Co) происходит выше 500 º С, а образование изотермического тэнита γ-Fe(Ni,Co) – при 720 º С.

В данной работе исследовались два фрагмента палласита Сеймчан (PMG) из палласитовой и октаэдритовой частей метеорита.

Подготовка образцов включала следующие этапы: резка, шлифовка и полировка с использованием алмазной суспензии и коллоида, травление 3%-ным раствором азотной кислоты в спирте. Для исследования микроструктуры применялись оптический микроскоп Axiovert 40 MAT и растровый электронный микроскоп ∑IGMA VP.

Поверхность образцов была тщательно исследована до начала эксперимента. Палласитовая часть представляет собой смесь силикатов и металла. Октаэдритовая часть содержит только металл. Металл обоих фрагментов имеет следующий фазовый и структурный состав: камасит α-Fe (Ni, Co), тэнит γ-Fe(Ni,Co), тетратэнит γ’ – соединение FeNi с упорядоченной структурой L10; мартенсит α2 и плессит (α + γ).

Нагрев образцов производился в вакуумной печи при температуре 700 °С, степень вакуума – 1,9*102 гПа. Длительность изотермической выдержки составила 4 часа. Охлаждение производилось вместе с печью.

После нагрева образцы были вновь отполированы и потравлены. В палласитовой части метеорита Сеймчан наблюдается рост новых зерен на границе камасит/силикат. Края зерн тэнита стали неровными, и при большем увеличении на границе тэнит/камасит заметно образование новых зерен. Внутри частицы тэнита отсутствует градиент по никелю, полностью изменилась мартенситоподобная структура в центральной части и зональная область по краям.

Во фрагменте с октаэдритовой частью монокристаллический камасит стал поликристаллическим, но с большими по размеру зернами, чем в образце из палласита. По краям внутри частиц тэнита также отсутствуют зональная область и мартенситоподобные структуры. На месте последней наблюдается мелкодисперсная структура. После изотермической выдержки изменилась морфология фосфидов.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что более заметные изменения произошли в образце из палласитовой части. Дальнейшие исследования позволят более точно установить температуру, при которой происходит растворение структуры зонального тэнита, и выяснить природу происходящих процессов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00598, Акта 211 Правительства Российской Федерации, Соглашение № 02.A03.21.0006.

8. Brentnall, W.D. & Axon, H.J. (1962): The response of Canyon Diablo meteorite to heat treatment. J. Iron and Steel Inst., 200, 947–949.
9. Axon, H.J. & Boustead, J. (1971): An examination of the structure and response to heat treatment of the iron meteorite La Primitiva (B.M. 1927, 77). Chem. Erde, 30, 1–11.

ОБЛАСТЬ ГОМОГЕННОСТИ И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ТВЁРДЫХ РАСТВОРОВ $Y_2Ba_3Fe_{5-z}Co_zO_{13+\delta}$ И $YFe_{1-y}Co_yO_{3\pm\delta}$

Брюзгина А.В. [1], Соломахина Е.Е.[1], Коломиец Е.С.[1],
Кузнецова Е.В.[1], Урусова А.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: anna.brjuzgina@urfu.ru

AREA OF FORMATION AND CRYSTALLINE STRUCTURE OF $Y_2Ba_3Fe_{5-z}Co_zO_{13+\delta}$ AND $YFe_{1-y}Co_yO_{3\pm\delta}$ SOLID SOLUTIONS

Bryuzgina A.V. [1], Solomakhina E.E.[1], Kolomiets E.S.[1],
Kuznetsova E.V.[1], Urusova A.S.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The complex oxides $Y_2Ba_3Fe_{5-z}Co_zO_{13+\delta}$ and $YFe_{1-y}Co_yO_{3\pm\delta}$ was intensively studied during last decade since they exhibit an unusual variety of properties and structural changes. The $Y_2Ba_3Fe_{5-z}Co_zO_{13+\delta}$ and $YFe_{1-y}Co_yO_{3\pm\delta}$ oxides were prepared using ceramic and glycerol-nitrate technique.

В последние десятилетия интерес многих исследователей прикован к соединениям со сверхструктурой [1-2]. Сравнительно недавно был описан сложный оксид состава $Y_2Ba_3Fe_3Co_2O_{15-\delta}$ [3], который представляет собой пример перовскитоподобной сверхструктуры, включающей не только упорядоченное расположение с катионов Y и Ba в A-подрешетке, но и близких по размеру и химической природе Co и Fe в B-подрешетке.

Сложные оксиды иттрия-бария состава $Y_xBa_{5-x}Fe_{5-z}Co_zO_{13+\delta}$ с x = 2 и $0\le z\le 3.0$ и с z = 0 и $1.8\le x\le 2.3$ и $YFe_{1-y}Co_yO_{3+\delta}$ с $0\le y\le 1$ были синтезированы по керамической и глицерин-нитратной технологиям. По результатам рентгенофазового анализа было установлено, что синтез образцов необходимо проводить по глицерин-нитратной технологии с отжигом при 1100˚C не менее 80 часов с промежуточными перетираниями в среде этилового спирта.

По результатам РФА и ПЭМ на данный момент исследования нового класса оксидных материалов было установлено, что оксиды состава $Y_2Ba_3Fe_{5-z}Co_zO_{13+\delta}$ с $2.1<y\le 3.0$ были получены с примесной фазой кубического перовскита состава $BaY_{0.1}Fe_{0.9-y}Co_yO_{3-\delta}$, а составы $Y_2Ba_3Fe_{5-z}Co_zO_{13+\delta}$ с $0.5\le y<1.7$ были получены с примесной фазой кобальт замещенного феррита иттрия $YFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$. Для состава $Y_2Ba_3Fe_{5-z}Co_zO_{13+\delta}$ область гомогенности соответствует $1.7\le y\le 2.1$, образцы кристаллизуются в тетрагональной симметрии.

С помощью метода просвечивающей электронной микроскопии кристаллическая структура оксидов $Y_2Ba_3Fe_{5-z}Co_zO_{13+\delta}$ в интервале составов $1.7\le y\le 1.8$ были описана в рамках тетрагональной ячейки типа ap×ap×3ap,составы с $1.9\le y\le 2.1$ – в рамках тетрагональной ячейки типа ap×ap×5ap.

По результатам РФА установлено, что замещение железа на кобальт привело к образованию твёрдых растворов состава $YFe_{1-x}Co_xO_{3\pm\delta}$ с $0\leq x\leq 0.45$. Дифрактограмма незамещенного феррита иттрия $YFeO_{3\pm\delta}$ была обработана в рамках орторомбической ячейки (пр. гр. Pnma). Подобно незамещенному ферриту иттрия все полученные однофазные твердые растворы так же были описаны в рамках орторомбической ячейки. Показано, что увеличение содержания кобальта в $YFe_{1-x}Co_xO_{3\pm\delta}$ приводит к монотонному уменьшению параметров и объёма ячеек, что можно объяснить размерным эффектом (rCo^{3+} = 0.75 Å, rFe^{3+} =0.785 Å).

Работа выполнена при поддержке совета по грантам Президента Российской Федерации стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам (Конкурс СП-2019) № СП-3689.2019.1«Получение новых перспективных материалов для электрохимических устройств на основе феррита иттрия-бария».

1. Motin S. M., Raveau B., Caignaert V., Pralong V. // J. Magnetism and Magnetic Mater., V. 320, P. 2676-2681 (2008)..

2. Volkova N.E., Gavrilova L.Ya., Cherepanov V.A., Aksenova T.V., Kolotygin V.A., Kharton V.V. // J. Solid State Chem., V.204, P. 219-223 (2013).

3. Lebedev O.I., Turner S., Caignaert V., Cherepanov V.A., Raveau B. // Chem. mater., V. 28, P. 2907-2911 (2016).

ФАЗОВЫЙ КОМПЛЕКС ТРЕХКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ИЗ ХРОМАТОВ ЛИТИЯ, КАЛИЯ И РУБИДИЯ

Бурчаков А.В.[1], Сидоров А.А.[1]

[1)] Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия
E-mail: turnik27@yandex.ru

PHASE COMPLEX OF A TERNARY SYSTEM OF CHROMATES OF LITHIUM, POTASSIUM AND RUBIDIUM

Burchakov A.V.[1], Sidorov A.A.[1]

[1)] Samara State Technical University, Samara, Russia

In this work, we performed a theoretical and experimental study of phase equilibria and chemical transformations in a three-component system with a common anion of chromates of lithium, potassium, and rubidium, which has not been previously studied.

В настоящей работе выполнено теоретическое и экспериментальное изучение фазовых равновесий и химических превращений в трехкомпонентной системе с общим анионом из хроматов лития, калия и рубидия, которая ранее не была изучена. Вначале изучения выполнен анализ ограняющих двухкомпонентных систем [1, 2]. Конгруэнтно плавящиеся соединения $LiKCrO_4$ и $LiRbCrO_4$ разбивают

фазовый комплекс на два симплекса (рис. 1): стабильный треугольник Li_2CrO_4-D1-D2 (кристаллизующиеся фазы Li_2CrO_4 и непрерывный ряд твердых растворов $LiK_xRb_{1-x}CrO_4$) и стабильная трапеция (кристаллизующиеся фазы - это два непрерывных ряда твердых растворов $LiK_xRb_{1-x}CrO_4$ и $K_yRb_{2-y}CrO_4$). Проведено теоретическое описание химических превращений с помощью математической модели, что позволяет прогнозировать кристаллизующиеся фазы и протекание химических реакций для произвольной смеси системы из порошка исходных компонентов при сплавлении и дальнейшей кристаллизации. Экспериментально методом ДТА исследованы фазовые равновесия в стабильной секущей D_1 и D_2, в системе наблюдается непрерывность твердых растворов $LiK_xRb_{1-x}CrO_4$ и плавное понижение температуры кристаллизации без экстремумов. Фазовые равновесия в тройной системе изучены при помощи политермического разреза Li_2CrO_4 - min 938 (рис. 1). Отмечено стабильность твердых фаз $LiK_xRb_{1-x}CrO_4$ и $K_yRb_{2-y}CrO_4$, отсутствие точек минимума на моновариантных линиях e 402-e 411 и e 532-e 602, а также наблюдается в ликвидусе полиморфное превращение твердого раствора $K_yRb_{2-y}CrO_4$, приводящее к усложнению геометрии поверхности. Для лучшего описания фазового комплекса сконструирована 3D модель в виде пространственной фазовой диаграммы на основе экспериментальных данных о системе [3].

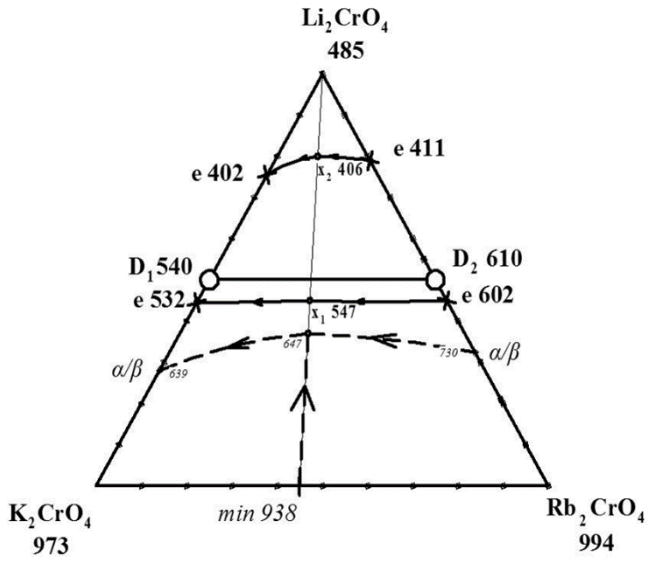


Рис. 1. Поверхность ликвидуса системы Li_2CrO_4-K_2CrO_4-Rb_2CrO_4

1. Бурчаков А.В., Дворянова Е.М. Анализ ряда двухкомпонентных систем Li_2CrO_4 –M_2CrO_4 (M=Na, K, Rb, Cs) и экспериментальное исследование системы Li_2CrO_4–Rb_2CrO_4 Тез. докл. XXXVII Самарск. обл. студ. научной конф. Самара: Министерство спорта, туризма и молодежной политики Самарск. обл., 2011 (12-22 апреля). С. 189

2. Belyaev I. N., Zh. Neorg. Khim., 6 [5] 1178-1188 (1961); Russ. J. Inorg. Chem. (Engl. Transl.), 6 [5] 602-608 (1961).

3. Бурчаков А.В., Гаркушин И.К., Милов С.Н. Компьютерная модель фазового комплекса трехкомпонентной системы LiCl-Li_2MoO_4-Li_2WO_4 Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2018. Т. 18, вып. 4, С. 370-376

НОВЫЕ ПРОТОННЫЕ ПРОВОДНИКИ $BaLaIn_{1-x}Nb_xO_{4+x}$ СО СТРУКТУРОЙ РАДДЛЕСДЕНА-ПОППЕРА: СИНТЕЗ, ПРОЦЕССЫ ГИДРАТАЦИИ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СВОЙСТВА

Буряк А.А.[1], Галишева А.А.[1], Тарасова Н.А.[1], Анимица [1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: arinaburyak9841@gmail.com

NEW PROTON CONDUCTORS $BaLaIn_{1-x}Nb_xO_{4+x}$ WITH RUDDLESDEN-POPPER STRUCTURE: SYNTHESIS, HYDRATION PROCESSES, ELECTRICAL PROPERTIES

Buryak A.A.[1], Galisheva A.A.[1], Tarasova N.A.[1], Animitsa I.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The complex oxides $BaLaIn_{1-x}Nb_xO_{4+x}$ were synthesized using the solid state method. The possibility of water uptake was proved by thermogravimetry measurements. The conductivity was measured at T and pH_2O variation.

Уже в течении длительного времени не ослабевает интерес к высокотемпературным ионным проводникам на основе сложных оксидов (твердые электролиты с высокой кислород-ионной и протонной проводимостью). Особое внимание уделяется практически важным электролитическим свойствам этих материалов, которые могут быть использованы в первую очередь для разнообразных электрохимических приложений, включающих высокотемпературные топливные элементы (ТЭ), ион-проводящие мембраны, газовые сенсоры. В настоящее время, приоритетными являются работы в области разработки ТЭ, но наиболее перспективны работы по созданию среднетемпературных ТОТЭ (500–700ºС).

Разработка новых материалов способных к применению в твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ) является ключевым аспектом перехода к экологически чистой, ресурсосберегающей энергетике. Одним из важнейших компонентов ТОТЭ является электролит, который должен обладать высокими значениями ионной проводимости. Поэтому с точки зрения неорганического материаловедения, стоит задача получения новых высокоэффективных материалов для электролита ТОТЭ, имеющих высокие кислород-ионные или протонные проводимости в температурном интервале 500-700˚С.

Для диапазона средних температур (700ºС) наиболее перспективными являются протонные электролиты на основе сложных оксидов, это обусловлено низкой энергией активации протонного переноса (~0.5эВ) и высокой подвижностью носителя. Сложные оксиды со структурой перовскита или производной от нее, являются наиболее известными среднетемпературными проводниками. Однако

ведутся работы, которые показывают возможность ионного транспорта в сложных оксидах на основе $BaNdInO_4$, характеризующегося структурой Раддлесдена-Поппера [1].

В настоящей работе впервые получены сложные оксиды $BaLaIn_{1-x}Nb_xO4_{+x}$, исследованы их структура и транспортные свойства, доказана их способность к гидратации и проявлению протонного переноса.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект 20-63-46003)

1.Fujii K., Shiraiwa M., Esaki Y., J. Mat. Chem. A, 3, 11985 (2015).

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И КИСЛОРОДНАЯ НЕСТЕХИОМЕТРИЯ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ НА ОСНОВЕ $SrFeO_3$ ДОПИРОВАННОГО Ho

Чекушина Я. В.[1], Хвостова Л. В.[1], Волкова Н. Е.[1], Черепанов В. А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: yanachv@mail.ru

CRYSTAL STRUCTURE AND OXYGEN NONSTOCHIOMETRY OF COMPLEX OXIDES BASED ON $SrFeO_3$ OF DOPED Ho

Chekushina Ya. V.[1], Khvostova L. V.[1], Volkova N. E.[1], Cherepanov V. A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Single phase samples $Sr_{1-x}Ho_xFeO_{3-\delta}$ were obtained at 1100°C in air. Using X-ray analysis, it was found that single-phase samples are formed when x= 0.1, 0.2 and 0.9.

Сложные оксиды со структурой перовскита рассматриваются как перспективные материалы для электродов твердооксидных топливных элементов [1, 2]. Все свойства сложных оксидов напрямую зависят от их кислородной нестехиометрии.

Изучение сложных оксидов состава $Sr_{1-x}Ho_xFeO_{3-\delta}$ актуально, в связи с тем, что в источниках литературы нет достаточных данных об области гомогенности данного ряда, кристаллической структуре, кислородной нестехиометрии и физико-химических свойствах.

Целью настоящей работы является изучение области гомогенности оксидов состава $Sr_{1-x}Ho_xFeO_{3-\delta}$, их кристаллической структуры и кислородной нестехиометрии.

Синтез образцов проводили по глицерин-нитратной технологии. Фазовый состав полученных оксидов контролировали рентгенографически. Определение параметров элементарных ячеек осуществляли с использование программы «CelRef 4.0», уточнение – методом полнопрофильного анализа Ритвелда в

программе «FullProf 2008». Кислородная нестехиометрия образцов была изучена с помощью йодометрического титрования.

С помощью рентгенофазового анализа установлено, что однофазные образцы в ряду $Sr_{1-x}Ho_xFeO_{3-\delta}$ образуются при x= 0.1, 0.2 и 0.9.

Дифрактограммы сложных оксидов $Sr_{1-x}Ho_xFeO_{3-\delta}$ (x= 0.1, 0.2) удовлетворительно описываются в рамках кубической ячейки (пр. гр. Pm3m). Структура образца $Sr_{0.1}Ho_{0.9}FeO_{3-\delta}$ была описана в рамках орторомбической сингонии, (пр. гр. Pbnm).

На рисунке 1 представлена рентгенограмма оксида $Sr_{0.1}Ho_{0.9}FeO_{3-\delta}$ и его кристаллическая структура.

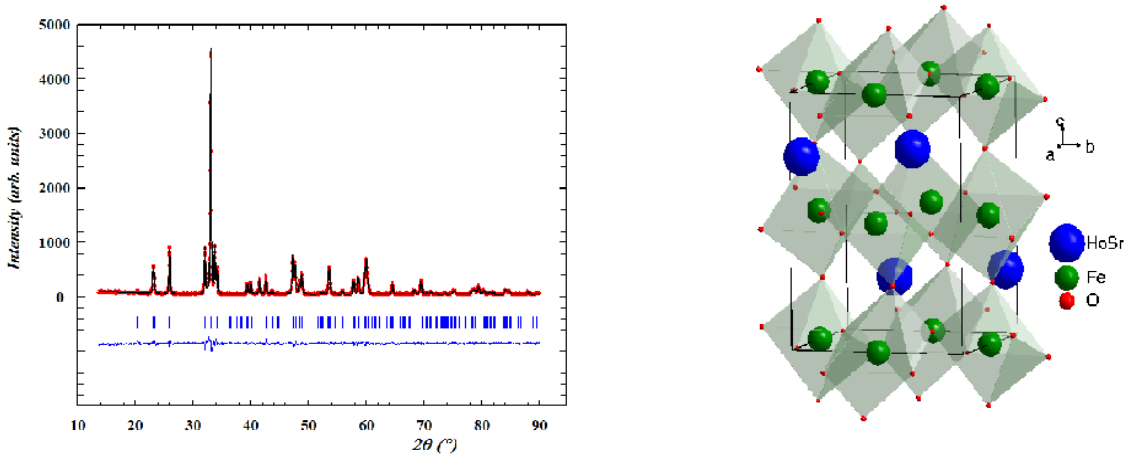


Рис. 1. Рентгенограмма и кристаллическая структура $Sr_{0.1}Ho_{0.9}FeO_{3-\delta}$

Установлено, что в образце состава $Sr_{0.9}Ho_{0.1}FeO_{2.87}$ степень окисления железа состава nFe=+3.64.

1. Parida S.C., Rakshit S.K., Singh Z. J. Solid State Chem., V. 181, P. 101-121 (2008)
2. Rajendran M., Bhattacharya A.K. Journal of the European Ceramic Society, V. 26, P. 3675-3679, (2006)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАНОМОДИФИЦИРОВАНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Чернецкий И.В.[1], Карташов В.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: v4ernetskiy@urfu.ru

MODELING THE PROCESS OF NANOMODIFICATION OF CERAMIC MATERIALS BASED ON ZIRCONIUM DIOXIDE

Chernetskiy I.V.[1], Kartashov V.V.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

In the conditions of modern technological progress, computer modeling capabilities are used to optimize industrial processes. This saves a huge amount of time and money in conducting expensive experiments. In this paper, we studied models of additives of various nanopowders to a micron sized matrix.

В условиях современного технологического прогресса для оптимизации промышленных процессов используют возможности компьютерного моделирования. В последнее время появляется всё больше исследований, связанных с созданием наносистем и наноустройств, благодаря интенсивному развитию различных расчетных методов. Практическое их применение позволяет сэкономить огромное количество времени и средств на проведении дорогостоящих экспериментов.

В нашем случае, виртуальная модель должна объективно показать (предсказать) поведение различных компонентов в процессе синтеза керамических образцов. [1] В данной работе изучены модели добавок различных нанопорошков к матричному порошку микронных размеров. Во всех случаях основным компонентом выступает диоксид циркония частично стабилизированный оксидом иттрия (5%). Использованные нанопорошки, аналогичные по химическому составу, различаются методами получения, гранулометрическим составом и внутренней структурой. Особого внимания заслуживает размерный порядок нанопорошков в соотношении с матричным компонентом. При разнице в размерах в 3 порядка и более, в синтезированных образцах могут быть достигнуты особые эффекты, что может привести к увеличению прочности , каталитической активности и т.д. Именно тут возникают основные технические трудности, связанные с моделированием на атомном уровне макрообъектов. [2] Такие сложные системы с большим количеством атомов требуют огромных вычислительных мощностей.

1. I. V.Chernetskiy, A.V. Vlasov, V.V. Kartashov, E.I.Denisova. Modeling structure of powders during hot pressing (статья) // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 9, Number 22 (2014) pp. 17851-17858

2. С. В. Звонарёв. Основы математического моделирования: учебное пособие. Издательство Уральского федерального университета. (2019)

ТЕРМОЭДС ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУР In_2O_3/SiO_2

Четверикова А. П.[1], Каширин М. А.[1], Макагонов В. А.[1], Фошин В. А.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
E-mail: alina.chetverikova@mail.ru

THERMOEMF OF THIN-FILM STRUCTURES In_2O_3/SiO_2

Chetverikova A. P.[1], Kashirin M. A.[1], Makagonov V. A.[1], Foshin V. A.[1]
[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Thin films $(In_2O_3/SiO_2)_{25}$ were by ion-beam sputtering. The effect of heat treatment on the phase composition and thermopower is studied. Increasing of annealing temperature – a thermopower was decrease. After annealing, the structure of thin films is preserved up to a temperature of 500°C

Пленки на основе оксида индия можно рассматривать в качестве материала для электродов термопар, работающих в окислительных или восстановительных средах [1]. Однако, вопрос стабильности характеристик такой термопары остается открытым.

Многослойные наноструктуры $(In_2O_3/SiO_2)_{25}$ были получены методом ионно-лучевого распыления с последовательным осаждением материала оксидных мишеней In_2O_3 и SiO_2. Слой SiO_2 осаждался через V - образный экран, а оксид индия напылялся без экрана. Таким образом, в полученных образцах состоящих из 25 бислоев In_2O_3/SiO_2 при одинаковой толщине In_2O_3 меняется толщина слоя SiO_2. По результатам рентгеноструктурного анализа установлено, что все образцы In_2O_3/SiO_2 имеют рентгеноаморфную структуру. В области малых углов наблюдаются максимумы на кривых рентгеновской рефлектометрии. Рассчитанные значения толщины бислоев сформированых структур составили 6,3 – 7,8 нм.

Исследование коэффициента термоЭДС проводили при температуре окружающей среды методом горячего зонда. Термическая обработка образцов в вакуумной камере (остаточное давление $P=5\cdot10^{-2}$ Торр), осуществляли последовательно по циклу «нагрев-выдержка-охлаждение». время выдержки составляло 30 минут в интервале 200 – 600°С. Экспериментальные данные представлены графике.

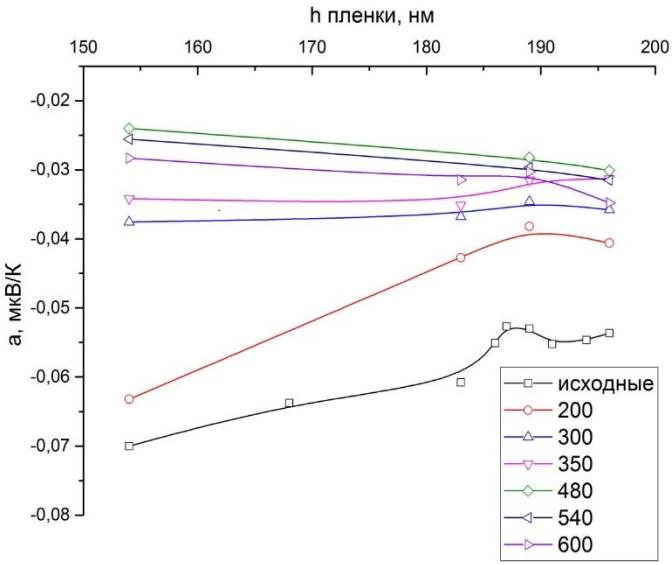


Рис. 1. Зависимости коэффициента термоЭДС от толщины наноструктур $(In_2O_3/SiO_2)_{25}$ после отжига при различных температурах

Исходя из полученных данных, прослеживается общая тенденция понижения термоЭДС при увеличении температуры отжига до 500 °С. Можно предположить, что это происходит вследствие диффузии слоев SiO_2/In_2O_3, и приводит к размытию четких границ тонкопленочной структуры. Дальнейшее увеличение температуры отжига приводит к полному разрушению слоистой структуры. Образование фазы силицидов по результатам рентгеноструктурного анализа обнаружено не было. Таким образом повышение коэффициента термоЭДС происходит вследствие разрушения исходных проводящих каналов In_2O_3 в многослойной структуре In_2O_3/SiO_2

Данная работа выполнена при поддержке РФФИ (Грант №19-48-360010 р_а)

1. Liu Y, Ren W, Shi P, et al. A Highly Thermostable In_2O_3/ITO Thin Film Thermocouple Prepared via Screen Printing for High Temperature Measurements. Sensors (Basel). 2018;18(4):958

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕРЕННОЙ СТРУКТУРЫ В СТАЛЯХ ПОСЛЕ ТМСР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРИЕНТАЦИОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Данилов С.В.[1], Масленников К.Б.[2, 3], Урцев Н.В.[2, 3], Лобанов М.Л.[1, 4]

[1)] Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ИТЦ “Аусферр”, г. Магнитогорск, Россия
[3)] Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, Россия
[4)] Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: s.v.danilov@urfu.ru

THE STUDY OF STEEL GRAIN STRUCTURE BY ORIENTATION MICROSCOPY AFTER TMCP

Danilov S.V.[1], Maslennikov K.B.[2, 3], Urtsev N.V.[2, 3], Lobanov M.L.[1, 4]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Ausferr Research and Technology Center, Magnitogorsk, Russia
[3)] Nosov Magnitogorsk state technical university, Magnitogorsk, Russia
[4)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

The method EBSD is used to study the grain structure of low-carbon, low-alloy pipe steel sheets processed by controlled thermomechanical processing (TMCP). The possibilities of obtaining different grain characteristics depending on the specified analysis limitations are shown.

Работа направлена на оценку возможностей ориентационной микроскопии (ОР) [1], основанной на дифракции обратно рассеянных электронов (EBSD), для анализа зеренной структуры в сложных случаях: разнозернистость как по размерам, так и по формам кристаллитов; большое количество мелких зерен; наличие заметного количества малоугловых границ, поскольку структура возникла в результате сдвигового превращения и т.п.

Исследование проводилось на образцах стали 06Г2МБ с преимущественно бейнитно-мартенситной структурой, приобретенной в результате контролируемой термомеханической обработки (Thermo Mechanical Controlling Processing – TMCP) [2, 3].

Высокая точность идентификации ориентаций, и, соответственно, локальных разориентаций при проведении EBSD-анализа (выше 90 % распознавания для всех исследуемых областей) позволили использовать программное обеспечение Oxsford Instruments для определения параметров микроструктуры образцов по распределению всех межкристаллитных границ, характеризующихся углами разориентации, образующих их зерен (кристаллитов). Методом ОР были определены следующие характеристики кристаллитов или «зерен»: 1) средний размер, как диаметр окружности эквивалентной средней площади кристаллитов; 2)

максимальный размер кристаллита; 3) среднее количество соседних кристаллитов; 4) вытянутость кристаллитов в направлении прокатки.

Все характеристики определялись для трех случаев, отличающихся условным определением понятия «кристаллит» (или «зерно»): I – в качестве кристаллита принимался объект, ограниченный со всех сторон границами с углами разориентации не менее 7°, анализ проводился по всем кристаллитам, в том числе имеющими размер ≤ 1 мкм (рис. 1, а); II – в качестве кристаллита принимался объект, ограниченный со всех сторон границами с углами разориентации не менее 15°, анализ проводился по всем кристаллитам, в том числе имеющими размер ≤ 1 мкм (рис. 1, б); III – в качестве кристаллита принимался объект, ограниченный со всех сторон границами с углами разориентации не менее 15°, анализ проводиться по всем кристаллитам, за исключением размером ≤ 1 мкм (рис. 1, в). Учет 10-и градусных (то есть от 7 до 15°) связан с возможностью их возникновения в структурах, образующихся по сдвиговому механизму согласно [4], причем в заметном количестве (~ 15 % от общего количества высокоугловых границ). То есть случай I представляется наиболее правильным.

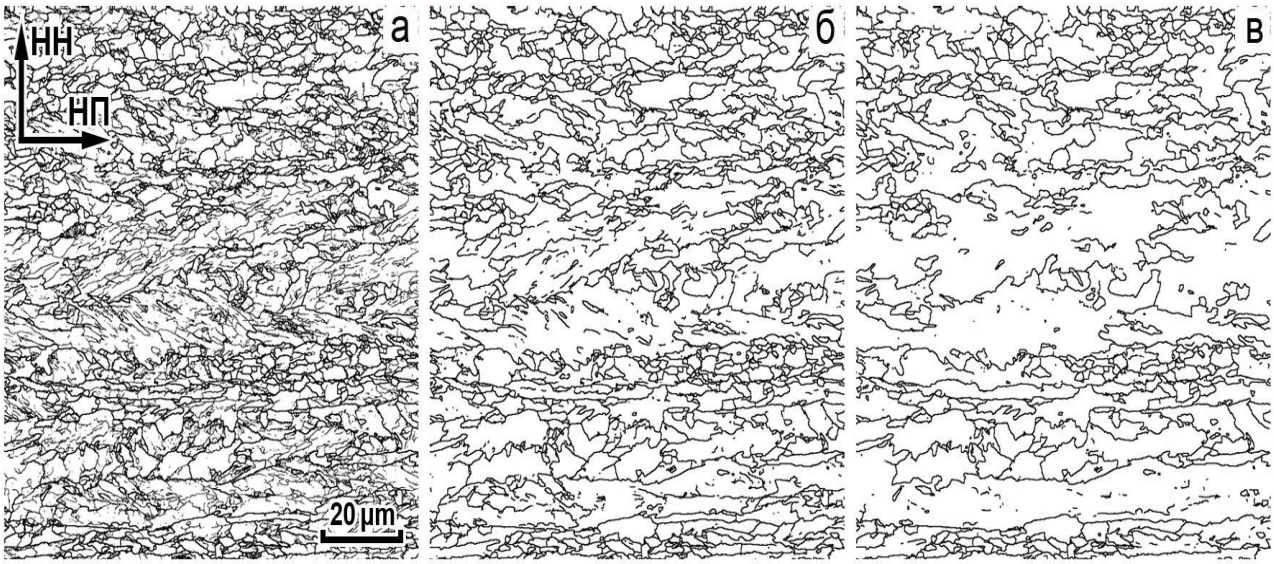


Рис. 1 Микроструктура стали 06Г2МБ после ТМСР, выявленная при различных условиях ОР: а – I, б – II; в – III

Учет границ только с углом разориентации более 15° соответствует «классическому» подходу к понятию «высокоугловая межзеренная граница», то есть соответствует классическому определению «зерна». Исключение кристаллитов, размером ≤ 1 мкм, заметная часть которых всегда соответствует не идентифицированным микрообластям максимально приближает изображение EBSD к металлографическому. Однако в случае ОР процедура, соответствующая случаю III, фактически, выделяет не зерна, а области с практически одинаковой кристаллографической текстурой, т.е. области возможного распространения трещин при разрушении, согласно [3].

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента Российской Федерации Проект СП-259.2018.1.

1. Лобанов М.Л., Юровских А.С., Кардонина Н.И., Русаков Г.М. Методы исследования текстур в материалах: учебное пособие, Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, (2014)
2. Лобанов М.Л., Бородина М.Д., Данилов С.В., Пышминцев И.Ю., Струин А.О., Известия высших учебных заведений. Черная металлургия, Т. 60, С. 910–918, (2017).
3. Данилов С.В., Струина Е.Р., Бородина М.Д., Известия высших учебных заведений. Черная металлургия, Т. 60, С. 247–249, (2017).
4. Лобанов М.Л., Русаков Г.М., Редикульцев А.А., Беликов С.В., Карабаналов М.С., Струина Е.Р., Гервасьев А.М., Физика металлов и металловедение, Т. 117, С. 266–271, (2016).

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ ГАЛЛУАЗИТНЫХ НАНОТРУБЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ЭПР СПЕКТРОСКОПИИ РН-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ НИТРОКСИДНЫХ РАДИКАЛОВ

Давыдов Д.Р.[1], Антонов Д. О.[1], Ковалева Е. Г.[1]

[1)] Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Danil25998@yandex.ru

ELECTROSTATIC PROPERTIES OF THE HALLOYSITE NANOTUBULAR MINERAL SURFACE BY EPR SPECTROSCOPY OF PH-SENSITIVE NITROXIDE RADICALS

Davydov D. R.[1], Antonov D. O.[1], Kovaleva E. G.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The research of the properties of the Halloysite nanoclay by EPR spectroscopy using 2 pH-sensitive nitroxide radicals as spin probe and label has been carried out. Electrostatic surface charge and potential (SEP) were measured from EPR spectra of NR simulation.

Галлуазит является уникальным природным минералом, имеющим нанотрубчатую структуру. На внутренней поверхности нанотрубок располагаются Al−OH группы, в то время как на внутренней поверхности располагаются Si−O−Si группы, при этом появляются положительные и отрицательные заряды на внутренней и внешней поверхности, соответственно [1]. Благодаря своим свойствам и структуре галлуазит легко модифицировать и расширять возможности применения, среди которых сорбция красителей, биологически активных веществ, ионов металлов, применение в качестве катализатора многих органических реакций. Электроповерхностные свойства данного минерала, такие как

электростатический потенциал поверхности (SEP), локальная кислотность во внутренней фазе материалов (pHloc), истинные константы ионизации функциональных групп (pKa) во многом определяют его каталитическую и адсорбционную активности. Они могут быть определены с помощью специальных pH-чувствительных радикалов [2], которые в связи с участием в реакциях протонного обмена чувствительны к изменениям кислотности среды и могут быть использованы в качестве pH зондов и меток.

В данной работе pH-чувствительные нитроксильные радикалы (НР) R1 (4-диметиламин-2-этил-5,5-диметил-2-пиридин-4-ил-2,5-дигидро-1H имида-зол-1-оксил) с двумя pKa (pKa1=2,92, pKa2=5,06) и R2 4-дметиламино-5,5-диметил-2-(4-(хлорометил)фенил-2-этил-2,5-дигидро-1H-имидазол-1-оксил гидрохлорид полугидрат (pKa=2,95) были использованы в качестве спиновых зонда и метки, соответственно. pH-чувствительными параметрами ЭПР спектров этих радикалов в фазе материалов являлись константа сверхтонкого взаимодействия (a, Гс) и доля быстродвижущегося НР, характеризующего депротонированную форму НР (f), которые были вычислены из симулирования экспериментальных ЭПР спектров НР теоретическими, используя набор инструментов EasySpin в Matlab.

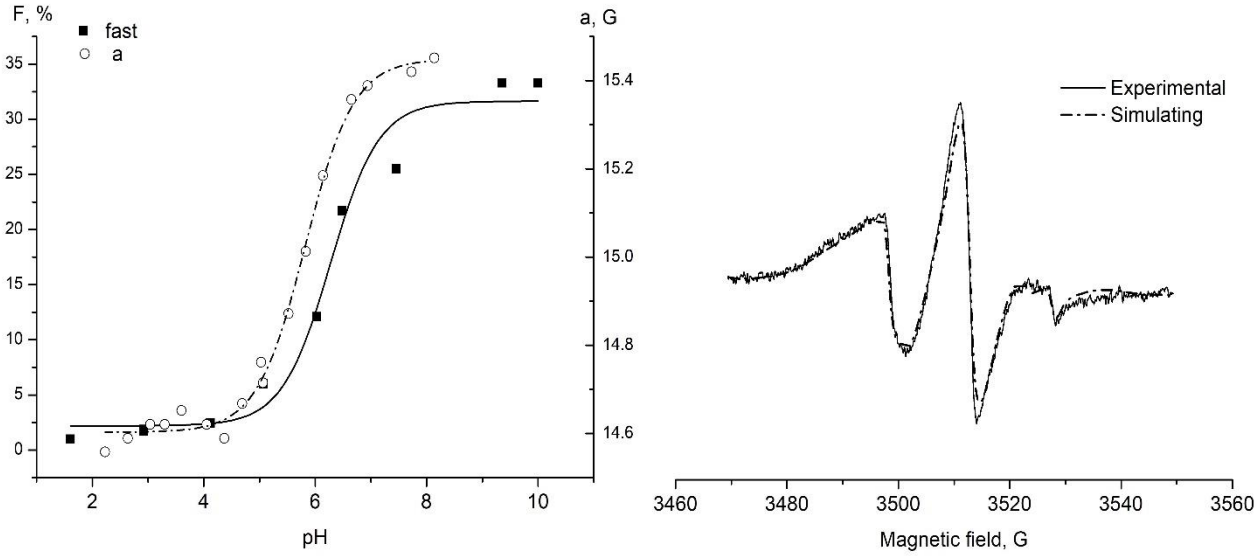


Рис. Зависимости pH-чувствительных параметров спектров ЭПР НР R2 (слева) и экспериментальный и смоделированный спектр ЭПР этого же НР при pH =4,46 (справа).

ЭПР спектры НР R1, адсорбированного вблизи поверхности галлуазита при высоких pH представляют собой изотропный сигнал, с понижением pH появляется сигнал с более низкими значениями скорости корреляции. При pH 3,8 НР происходит изменение заряда поверхности материала с отрицательного на положительный, а в области pH=2-4 появляется горизонтальный участок, отражающий процесс титрования функциональных групп. ЭПР спектры НР R2, ковалентно связанного с поверхностью галлуазита, представляют собой суперпозицию 3-х сигналов: быстрого ($\Delta\tau$=5 ×10^(-10) с), медленного ($\Delta\tau$=3 ×10^(-8) с) и

сигнала с промежуточным временем корреляции Δτ=3 ×10^(-8) с , доля которого с изменением pH практически не изменялась (рис, справа). Из сдвига pKa зависимостей a (pH) и f(pH), (рис., слева), равного 0,45 по известной формуле ΔpKaэл.= -FΨ/2,3RT, где Ψ - SEP, F- постоянная Фарадея, R-универсальная газовая постоянная, T- температура,K [2], был вычислен SEP , равный – 27 мВ в месте нахождения HP R2 на поверхности галлуазитного нанотрубчатого материала.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ 18-29-12129мк.

1. Y. Lvov, W. Wang, L. Zhang, R. Fakhrullin, Halloysite Clay Nanotubes for Loading and Sustained Release of Functional Compounds, Adv Mater. 28, 1227-1250 (2016).
2. Khramtsov, V. V. and Volodarsky, L. B. (2002), in Biological Magnetic Resonance, vol. 14: Biological Magnetic Resonance, (Berliner, L.,ed.), Plenum Press, New York, pp. 109-180.

СИНТЕЗ, ПРОЦЕССЫ ГИДРАТАЦИИ И ПРОТОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ $BaLa_{0.9}M_{0.1}InO_{3.95}$ (M=Zn, Mg)

Дмитриева А.А.[1], Галишева А.О.[1], Тарасова Н.А.[1], Анимица И.Е.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Nastenka_dmitrieva_01@mail.ru

SYNTHESIS, HYDRATION PROCESSES AND PROTONIC CONDUCTION OF $BaLa_{0.9}M_{0.1}InO_{3.95}$ (M=Zn, Mg)

Dmitrieva A.A.[1], Galisheva A.O.[1], Tarasova N.A.[1], Animitsa I.E.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The complex oxides $BaLa_{0.9}M_{0.1}InO_{3.95}$ (M=Zn, Mg) were synthesized using the solid state method. The possibility of water uptake was proved by thermogravimetry measurements. The conductivity was measured at T and pH_2O variation.

Водородная энергетика – это экологичное, дешевое, эффективное топливо, которое на сегодняшний день очень востребовано, так как экологическая ситуация в мире оставляет желать лучшего. Тот факт, что данный вид топлива неисчерпаем, вызывает еще больший интерес ученых в развитии исследований протонной проводимости.

Наиболее известными протонными проводниками являются сложные оксиды со структурой перовскита или производной от нее. В последние годы появились работы, показывающие возможность ионного транспорта в сложных оксидах на основе $BaNdInO_4$, характеризующегося структурой Раддлесдена-Поппера [1].

Появление протонной проводимости для сложных оксидов обусловлено возможностью диссоциативного поглощения в их структуру молекул воды из

газовой фазы, приводящей к образованию протонных дефектов. Присутствие кислородно-водородных групп в исследуемом веществе можно обнаружить методом синхронного термического анализа в совокупности с масс-спектрометрией. То есть, по убыли массы вещества при его нагревании оценивают количество молей воды, приходящееся на формульную единицу сложного оксида (с условием, что никаких других летучих веществ не выделяется).

Также, для идентификации кислородно-водородных групп в сложнооксидных соединениях используется метод ИК-спектроскопии, основанный на снятии ИК-спектра, который в дальнейшем подробно анализируется на наличие воды в виде гидроксид-ионов OH^-, ионов гидроксония H_3O^+, и непосредственно H_2O в структуре сложных оксидов.

Транспортные свойства сложных оксидов исследуются комплексом методов, в том числе, методом импедансной спектроскопии. Исследования могут выполняться в атмосферах с различными значениями парциального давления кислорода и паров воды для вычленения вкладов парциальных проводимостей (кислородно-ионной, электронной и протонной).

В настоящей работе впервые получены сложные оксиды $BaLa_{0.9}M_{0.1}InO_{3.95}$ (M= Zn, Mg), исследованы их структура, процессы гидратации и транспортные свойства.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ (МК-24.2019.3)

1. Fujii K., Shiraiwa M., Esaki Y. // J. Mat. Chem. A, 3, 11985 (2015).

РАДИОЗАЩИТНЫЕ СВИНЦОВОБОРАТНЫЕ СТЕКЛА

Дяденко М.В.[1], Сидоревич А.Г.[1]

[1)] Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Беларусь
E-mail: dyadenko-mihail@mail.ru

ELECTROMAGNETIC SHIELDING LEAD-BORATE GLASSES

Dyadenko M.V.[1], Sidorevich A.G.[1]

[1)] Belarusian State Technological University State Technological University, Minsk, Belarus

Results of the development of lead-borate glass compositions, which reduce the effect of microwave electromagnetic radiation are presented.

Экранирование электромагнитных полей является актуальной задачей защиты здоровья, информационной безопасности, электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии жилых помещений, защиты помещений для серверов и электронного оборудования. Целью работы является разработка составов радиозащитных стекол, которые обеспечивают ослабление электромагнитного излучения в диапазоне 1–3 ГГц. Ослабление такого излучения зависит в основном от уровня диэлектрических потерь, величина которых определяется содержанием в стекле оксидов-модификаторов с низкой силой поля по Дитцелю, поэтому в качестве объекта для исследования выбрана система Na_2O–K_2O–ZnO–PbO–B_2O_3.

Синтез опытных стекол осуществлялся в фарфоровых тиглях в электрической печи периодического действия при температуре 1050±20 ºС.

Для определения кристаллизационной способности опытных стекол была проведена их градиентная термообработка, по результатам которой установлено, что область составов стекол, с минимальной склонностью к кристаллизации, ограничена содержанием оксидов, %: PbO 60–55 %, ZnO 5–20 %, B_2O_3 15–30 %.

Энергия радиоволны при ее распространении в веществе преобразуется в другие виды энергии, в частности в электрическую и тепловую. В связи с этим материал должен быть диэлектриком и иметь высокую термостойкость.

Термостойкость характеризует способность опытных стекол выдерживать резкие перепады температур без разрушения и зависит в первую очередь от температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР), определение которого проводили дилатометрическим методом. По результатам исследований установлено, что ТКЛР опытных стекол изменяется в пределах от $104{,}4 \cdot 10^{-7}$ до $146{,}2 \cdot 10^{-}7$. Наиболее оптимальной с точки зрения получения радиозащитного стекла является область, включающая 20–25 % ZnO.

Электрофизические свойства опытных стекол (показатель ослабления, коэффициент стоячей волны (КСВ), тангенс угла диэлектрических потерь) оценивались волноводным методом. Показатель ослабления опытных стекол оценивался

в диапазоне 1–3 ГГц. На его величину, главным образом, оказывают влияние релаксационные и деформационные потери.

Определено, что все опытные стекла характеризуются относительно малыми отклонениями по показателю ослабления и КСВ в разрезе постоянных значений частот, ГГц: 1,84; 2,28; 2,52 и 2,98; поэтому выбор оптимальной области составов стекол осуществлялся комплексно по величине тангенса угла диэлектрических потерь при частоте 1,84 ГГц, показателю ослабления и КСВ.

Области оптимальных составов стекол включают, % :

1) 15 B_2O_3; 10–20 ZnO;

2) 55 PbO; 15–30 B_2O_3.

Таким образом, проведенные исследования системы Na_2O–K_2O–ZnO–PbO–B_2O_3 позволили определить область составов стекол, которые могут быть использованы как радиозащитные.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ГЕТЕРОГЕННОЙ ДОБАВКИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ $CaWO_4$

Ефимова А.Н.[1], Пестерева Н.Н.[1], Гусева А.Ф.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: evenni@yandex.ru

THE EFFECT OF THE HETEROGENEOUS ADDITIVE NATURE ON THE ELECTRICAL PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON $CaWO_4$

Efimova A.N.[1], Pestereva N.N.[1], Guseva A.F.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Composite materials 1-x$CaWO_4$–xSiO_2 (x=0-0.66) and 1-x$CaWO_4$–xWO_3 (x=0-0.55) were obtained by the solid phase method. Heterogeneous doping of calcium tungstate with dispersed additives of various nature (insulator SiO_2, semiconductor WO_3) leads to an increase in the ionic conductivity of the composite

Одним из способов увеличения ионной проводимости твердых электролитов является гетерогенное допирование [1-2]. Вольфрамат кальция CaWO4 является кислород-ионным проводником с низкой проводимостью. Для улучшения его проводимости использовали высокодисперсные гетерогенные добавки различной природы: оксид кремния SiO_2 (диэлектрик) со средним размером частиц 8 нм и оксид вольфрама WO_3 (полупроводник) со средним размером частиц 100 нм.

Получены композиты (1-x)$CaWO_4$–xSiO_2 (x = 0-0.66 об.дол.) и (1-x)$CaWO_4$–xWO_3 (x = 0-0.55 об.дол.) и исследованы их электрические свойства.

Для синтеза композитов использовали $CaWO_4$, синтезированный по стандартной керамической технологии, и оксиды кремния и вольфрама. Измерена температурная зависимость общей проводимости полученных композитов мостом переменного тока Е7-22 при 1 кГц.

Установлено, что проводимость композитов, содержащих небольшое количество дисперсной добавки (0.01 – 0.05 об.дол.) более чем на порядок выше проводимости $CaWO_4$. Измеренная методом ЭДС сумма ионных чисел переноса композитов близка к 1; электропроводность композитов не зависит от парциального давления кислорода в газовой фазе, что подтверждает ионный характер проводимости композитов.

Зависимости проводимости композитов $(1\text{-}x)CaWO_4–xSiO_2$ и $(1\text{-}x)CaWO_4–xWO_3$ от содержания дисперсной добавки имеют разный вид, рис.1. Концентрационная зависимость проводимости композитов, содержащих в качестве дисперсной добавки диэлектрик SiO_2, имеет вид куполообразной кривой, типичной для систем твёрдый электролит-диэлектрик, которую можно трактовать в рамках теории перколяции [3]. При использовании в качестве дисперсной добавки полупроводника WO_3 происходит резкий рост проводимости (на 1 – 1.5 порядка величины) при малых добавках WO_3 ($x \le 0.01$). При дальнейшем увеличении концентрации WO_3 в композите ($0.01 \le x \le 0.25$) величина ионной проводимости практически не изменяется, далее с увеличением содержания WO_3 наблюдается резкий рост электронной проводимости композита, за счет образования сплошной проводящей матрицы WO_3.

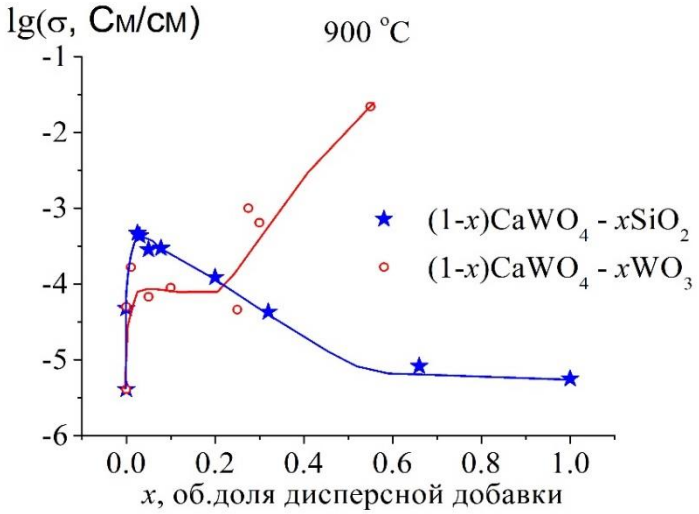


Рис. 1. Зависимость электропроводности композитов $(1\text{-}x)CaWO_4–xSiO_2$ и $(1\text{-}x)CaWO_4–xWO_3$ от содержания SiO_2 и WO_3

Резкий рост проводимости $CaWO_4$ при его гетерогенном допировании предположительно связан с образованием высокопроводящей поверхностной фазы, образующейся на межфазных границах $CaWO_4|SiO_2$ ($CaWO_4|WO_3$).

Авторы выражают благодарность м.н.с. Д.В. Короне.

1. Нейман А.Я., Пестерева Н.Н., Электрохимия, 41, 6, 680-693 (2005).
2. Нейман А.Я., Карапетян А.В., Пестерева Н.Н., Электрохимия, 50, 1, 66-77 (2014).
3. Уваров Н. Ф., Композиционные твердые электролиты, СО РАН (2008).

СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НОВОГО ПЕРОВСКИТА $La_4In_2Zn_2O_{11}$

Егорова А.В.[1, 2], Терещенко А.Р.[1], Белова К.Г.[1, 2], Анимица И.Е.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ИВТЭ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: OAV-hn@yandex.ru

STRUCTURE AND ELECTRICAL PROPERTIES OF NEW PEROVSKITE $La_4In_2Zn_2O_{11}$

Egorova A.V.[1, 2], Tereshchenko A.R.[1], Belova K.G.[1, 2], Animitsa I.E.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of High Electrochemistry, Yekaterinburg, Russia

This paper devoted to the investigation of structure and transport properties of $La_4In_2Zn_2O_{11}$. The sample $La_4In_2Zn_2O_{11}$ has been synthesized by solid state reaction at 700-1300°C. Structure, hydration and electrical properties of the solid solution have been investigated.

Актуальным на сегодняшний день является поиск новых твердых электролитов для различных электрохимических устройств на основе перовскита $LaInO_3$ [1-3]. Настоящая работа посвящена синтезу нового перовскита $La_4In_2Zn_2O_{11}$, а также изучению его физико-химических свойств. Фаза состава $La_4In_2Zn_2O_{11}$ была получена методом твердофазного синтеза из предварительно осушенных исходных веществ квалификации “ос.ч.” – оксидов лантана La_2O_3, индия In_2O_3 и цинка ZnO в температурном интервале 700-1300°C с шагом в 100°C и 24 ч. выдержками на каждой стадии. После каждой стадии отжига образец перетирали в агатовой ступке.

Образец был исследован методом РФА на дифрактометре Bruker D8 Advance. После температуры синтеза 1300°C была получена рентгенограмма, которая была проиндицирована в рамках ромбической симметрии с пространственной группой Pnma и параметрами решетки a=5.9423Å, b=8.2185Å, c=5.7251Å; также были рассчитаны координаты атомов La (0.05667, 0.25000, 0.01549), In (0.00000, 0.00000, 0.50000), Zn (0.00000, 0.00000, 0.50000), O_1 (0.41580, 0.25000, -0.13680,), O_2 (-0.49463, -0.36063, -0.50063). Геометрическая модель структуры, построенная по полученным координатам, приведена на рисунке 1.

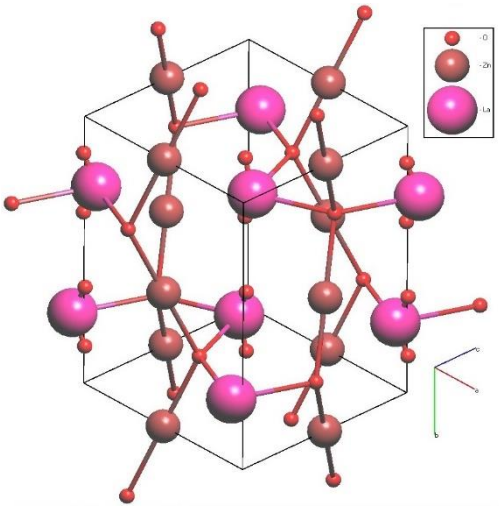


Рис. 1. Геометрическая модель структуры $La_4In_2Zn_2O_{11}$

Для определения размера частиц был использован анализатор Litesizer™ 500 Anton Paar, длина волны лазера для серии пропускания при исследовании осаждения составила 658 нм. Работы проводились в двух параллелях: в водной среде и ацетоне. Установлено, что среднее значение для гидродинамического диаметра частиц находится в пределах 1.6656 μм. Методами ТГ, ДСК и масс-спектроскопии установлено, что образец диссоциативно поглощает пары воды.

Комплекс аттестации физико-химических свойств включал в себя исследование зависимости проводимости от внешних термодинамических параметров (T, $p(H_2O)$, $p(O_2)$). Исследования показали, что $La_4In_2Zn_2O_{11}$ при температурах ниже 500°C демонстрирует отклик на присутствие влаги в атмосфере и проявляет протонную проводимость. Исследования проводимости в зависимости от парциального давления кислорода показали, что образец проявляет смешанный тип проводимости, является кислород-ионным проводником с некоторой долей вклада электронной проводимости p-типа в сухой атмосфере, при повышении парциального давления паров воды в атмосфере и снижении температуры до 500°C и ниже, новый материал демонстрирует доминирующий ионный тип проводимости.

1. Ruiz-Trejo E. et al., Journal of Physics and Chemistry of Solids, 64, 515–521 (2003)
2. D.-S. Byeon et al., Journal of Power Sources, 222, 282–287, (2013)
3. He H. et al., Electrochimica Acta, 46, 2871–2877 (2001)

ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ НАНОУГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ

Ерофеев М.Е.[1], Райков Д.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: erofeevmark.e@gmail.com

INVESTIGATION OF THE LOW DIMENTIONAL NANOCARBON MATERIALS SYNTHISISED BY ION-PLASMA TECHNOLOGY

Erofeev M.E.[1], Raikov D.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Carbon materials are a promising kind of the nanostructures which can be used in different fields. The use IP technology for synthesis of the carbon-materials leads to the wide range of formed structure. Hence, deep understanding of the microstructure can broadly characterize their macro properties.

Углеродные наноматериалы являются наиболее перспективным видом наноструктур, которые могут быть применены в различных девайсах. Более того, глубокое понимание нано- и микроструктуры вещества способно широко характеризовать его макро свойства. Так, модернизированная установка УВНИПА-1-001, располагающаяся в научно-исследовательской лаборатории «Физика функциональных материалов углеродной микро- и оптоэлектроники» ФТИ УрФУ, применяется для отработки различных режимов синтеза углеродных покрытий. В основу работы установки положена вакуумная ионно-плазменная технология получения тонких наноразмерных покрытий. Принцип работы основан на осаждении частиц (атомов, ионов, кластеров) на поверхности изделий в вакууме из плазмы, генерируемой тем или иным способом. Вакуумно ионно-плазменный метод относится к области высоких технологий и находит самое широкое применение в современном производстве. Использование ионно-плазменной технологии [1] для синтеза наноуглеродных материалов приводит к широкому спектру, образующихся структур, а в частности в различных гибридизациях sp3, sp2, sp1 [2].

Подбор технологических режимов синтеза функциональных материалов с заданными характеристиками на основе наноразмерного углерода обеспечит ускоренный переход к новому поколению материалов и приборов в целом ряде областей, таких как фотоэлектрические преобразователи и сенсоры, микросистемная медицинская техника и биосовместимые имплантаты, альтернативная энергетика и др.

Существование карбина открывает перспективу создания уникальных материалов на его основе. Это, прежде всего, одномерные полупроводниковые

материалы, многие исключительно интересные свойства которых предсказаны теоретически и подтверждены экспериментально.

Исследование КР, ИК, УФ, РФЭС - спектроскопией позволило сделать вывод о наличии широкого спектра углеродных структур в синтезированных образцах.

1. Zatsepin A.F, Buntov E.A, Zatsepin D.A, Boqizoda D.A, Guseva M.B, Vyatkina S.P. Physics of Atomic Nuclei, 81, 1660-1663, (2018)

2. V.G. Babaev, M.B. Guseva, N.D. Novikov, V.V. Khvostov and P. Flood. Carbon Material with a Highly Ordered Linear-Chain Structure, Taylor and Francis Group, LLC (2006)

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ МЕДИ, МАГНИЯ И АЛЮМИНИЯ

Фадеев З.С.[1], Кругликов Н.А.[1, 2]

[1)] Уральский Федеральный Университет имени первого Президента Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

[2)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: fadeev.zahar@yandex.ru

SYNTHESIS AND STUDY OF METAL COMPOSITES BASED ON COPPER, MAGNESIUM AND ALUMINUM

Fadeev Z.S.[1], Kruglikov N.A.[1, 2]

[1)] Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

[2)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Synthesized aluminum magnesium copper composite by hydroextrusion and pressing.

В настоящее время композиты всё больше заменяют традиционные материалы в энергетике, автомобилестроении, электронике и других сферах деятельности. Гибридные металлические композиты сочетают полезные свойства различных металлов.

Из-за высокой хрупкости и электросопротивления алюминиевых проводников возникает необходимость в разработке новых материалов с лучшими свойствами. Возможности создания композитных проводников на основе Cu/Al/Mg мало изучены. Таким образом, получение композита Cu/Al/Mg является актуальной и важной задачей.

Цель работы – получение композитных проводников на основе меди, алюминия, магния с последующим изучением физико-механических свойств.

Задачи: синтезировать композит, исследовать механические свойства, структуру, температурный ход, электрическую проводимость.

С помощью интенсивной пластической деформации методом гидроэкструзии при комнатной температуре, а также прессования нами был получен композит состоящий из 7 магниевых стержней в матрице из алюминиевого сплава АМг-6, покрытой медной оболочкой.



Рис. 1. поперечное сечение композита Cu/Al/Mg

Полученный цилиндрический образец длиной 40 мм и диаметром 6 мм был разрезан. Подготовлены шлифы для микроскопии.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Проект 5.4825.2017/6.7), государственного задания (тема «Давление», № АААА-А18-118020190104-3)

1. Волков А.Ю., Калонов А.А., Комкова Д.А., Глухов А.В., Структура и свойства Cu/Mg-композитов, полученных методом гидроэкструзии. Физика металлов и металловедение, 119, 1002 (2018).

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ НА ОСНОВЕ ЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА И РЕЗИНЫ

Федоров К.П.[1], Кругликов Н.А.[1, 2]

[1)] Уральский Федеральный Университет имени Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: skace@yandex.ru

SYNTHESIS AND RESEARCH OF MAGNETIC ELASTOMERS BASED ON IRON AND RUBBER PARTICLES

Fedorov K.P.[1], Kruglikov N.A.[1, 2]

[1)] Ural Federal University named B.N. Eltsin, Yekaterinburg, Russia
[2)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Synthesis and research of magnetic elastomers based on iron and rubber particles

Повышение прочностных свойств конструкционных материалов является важнейшей проблемой в машиностроении. Однако по мере увеличения прочности материалов происходит резкое снижение их пластичности, увеличивается склонность к хрупкому разрушению. Это сильно ограничивает использование высокопрочных материалов в качестве конструкционного материала. В таком случае, на помощь к нам приходят материалы, которые называют композитами. [1]

Магнитоэластичный композит – материал, состоящий из высокоэластичной полимерной матрицы и магнитного наполнителя. Основной областью применения таких композитов является использование его в активных демпфирующих устройствах и амортизаторах, а также в медицине при создании искусственных мышц. [2]

Метод получения такого композита – диспергирование магнитного порошка железа, с размером частиц до 2 мкм, в жидком силиконовом герметике, с последующей полимеризацией композиции в форме. Герметик и частицы железа смешивали в пропорции 3:2 соответственно. Главным преимуществом такого метода является простота создания композита.

Исследовали магнитострикционные свойства композита. Образцы цилиндрической формы подвешивали на расстоянии 5 сантиметров над магнитом и измеряли их относительное удлинение.

Также измерили электросопротивление. Все полученные нами образцы имели огромное сопротивление (более 20 МОм).

Следующий пункт – изучение структуры композита под микроскопом. Полученная нами фотография представлена на рис. 1. Белые точки – частицы железа, голубой фон – герметик.

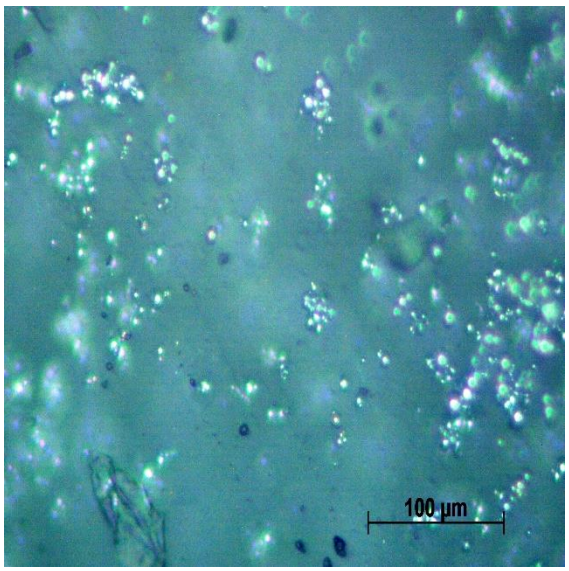


Рис. 1. Поверхность магнитоэластичного композита

В проделанной работе мы успешно синтезировали образцы магнитного силиконового композита и исследовали некоторые его свойства:

1. Проверили способность композита менять свои размеры под действием неоднородного магнитного поля
2. Померили электросопротивление полученного композита
3. Исследовали композит под микроскопом

Работа выполнена при поддержке государственного задания (тема «Давление», № АААА-А18-118020190104-3), кафедры ФМПК Уральского Федерального Университета имени первого Президента Б.Н. Ельцина, а также Уральского научно-образовательного центра.

1. Bartenev G.V., Zelenev Yu.V. Physics of Polymers. M., High School, 1982, 280s.
2. Materials science and technology of composite materials: Lecture course: V.V. Leonov O.A.Artemyeva E.D. Kravtsova. Department "Composite and powder materials, coatings". Siberian Federal University, 197s.

MACHINE LEARNING METHODS FOR PREDICTING LATTICE CHARACTERISTICS OF MATERIALS

Filanovich A.N.[1], Povzner A.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
E-mail: a.n.filanovich@urfu.ru

In the present work we consider implementation of machine learning algorithms for predicting Debye temperature and Gruneisen parameter of crystalline materials. An analysis of the effect of a descriptor and a regression model on the accuracy of the prediction is presented.

In order to predict the properties of crystalline materials such as heat capacity, coefficient of thermal expansion, etc., information on the phonon spectrum of the material is required. However, calculations of the phonon spectrum from the first principles are often difficult, especially in the case when the unit cell contains a large number of atoms. On the other hand, the phonon spectrum can be characterized by such quantities as Debye temperature and Grüneisen parameter. In this study, we consider the use of various machine learning algorithms (random forests, neural nertwork, gradient boosting, etc.) for predicting the Debye temperature and the Gruneisen parameter. To perform the regression, data on 5300 compounds from the open Aflowlib database [1] are used. Regression is based on various types of descriptors, among which

- only the chemical composition of the compound;
- elemental properties of the atoms entering the compound (mass, nuclear charge, atomic radius, electronegativity, etc., as well as the functions of these properties, such as the sum, maximum / minimum values, etc.);
- crystalline structure of the compound (lattice parameters, distance between nearest neighbors).

The effect of a descriptor and a regression model on the accuracy of the prediction is analyzed. The data obtained can further be used in the analysis of the lattice properties of individual classes of materials for which direct calculations of the phonon spectra have not been performed.

1. 1. S. Curtarolo, W. Setyawan, S. Wang, J. Xue, K. Yang, R.H. Taylor, L.J. Nelson, G.L. W. Hart, S. Sanvito, M. Buongiorno Nardelli, N. Mingo, O. Levy. Comput. Mater. Sci. 58, 227 (2012).

ВОЗМОЖНОСТИ ДСК МЕТОДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОКСИДНОЙ КЕРАМИКИ

Фролов Е.И.[1, 2], Звонарев С.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
[2)] Самарский государственный технический университет
E-mail: frolov_zhenya@inbox.ru

POSSIBILITIES OF DSC METHOD FOR THE STUDY OF OXIDE CERAMICS

Frolov E.I.[1, 2], Zvonarev S.V.[1]
[1)] Ural Federal University
[2)] Samara State Technical University

The differential thermal analysis of ceramics based on aluminum, magnesium, yttrium and titanium oxides with impurities of aluminium and yttrium were investigated. The relationship of changes in the structure of the studied compounds with optical properties is determined.

В настоящее время известно большое количество применений керамики на основе оксидов алюминия, иттрия, магния и титана в отраслях промышленности и научных исследованиях благодаря их физическим и физическо-химическим свойствам. Оптические свойства оксида алюминия позволяют на его основе изготавливать люминофоры [1], лазеры (в виде кристаллов) и детекторы ионизирующих излучений [2]. Оксидные системы на основе магния, иттрия и титана также используются для создания на их основе различных оптических датчиков [3-4]. Для понимания механизмов свечения указанных материалов необходимо их комплексное исследование как люминесцентными, так термическими методами. В этой связи целью данной работы являлось проведение физико-химических исследований методом дифференциальной сканирующей калориметрии оксидных керамик на основе оксидов алюминия, иттрия, магния и титана в сравнении с данными термолюминесценции.

В качестве объектов исследования были выбраны керамики на основе следующих оксидов: Al_2O_3, Y_2O_3, MgO, TiO_2. Исходные матрицы вышеописанных оксидов анализировались как в исходном состоянии, так и после допирования катионами следующих металлом: Al^{+3}, Y^{+3}. Керамики были отожжены в вакууме при температуре от 1000 ^{0}C и выше. Исследование методом дифференциальной сканирующей калориметрии выполнено на установке ДСК-500 (со следующими настроенными параметрами для работы: линейный нагрев с 60 до 450 ^{0}C, скорость нагрева 16 ^{0}C/мин, с чувствительностью 10 мкВт). Измерения ДСК проводились как для необлученных образцов, так и после воздействия импульсного пучка электронов с энергией 130 кГр (10 импульсов).

Выполнен анализ полученных ДСК-кривых и первичное сопоставление с результатами термолюминесценции (ТЛ). В методе ДСК изучается влияние процесса нагрева на внутренний тепловой баланс в образце, а в ТЛ – на наличие люминесцентных центров или дефектов. В этой связи сопоставление данных указанных методов позволит определить взаимосвязь структуры материла с его физическими свойствами.

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что для необлученных керамик наблюдается экзотермический эффект дегидратации молекул воды из образцов. Для оксидной необлученной керамики Y_2O_3 регистрируется аномальный ход ДСК-кривой, а для оксидной керамики MgO в облученном состоянии – четко фиксируются два экзотермических эффекта при температурах 150 ^{0}C и около 350 ^{0}C в независимости от наличия или отсутствия допанта.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 18-72-10082.

1. K. Drdlíková, R. Klement, D. Drdlíka, T. Spusta, D. Galusekb, K. Maca. Journal of the European Ceramic Society, 37 (7), 2695–2703 (2017).
2. Dianguang Liu. Ceramics International, 39, 4765–4769 (2013).
3. McKeever, S.W.S., Moskovitch, M., Townsend, P.D. Thermoluminescence Dosimetry Materials: Properties and Uses. Nuclear Technology Publishing, Ashford. (1995).
4. F.Tariq, N. ur Rehman, N. Akhtar, R. E. George, Y. Khan and S. ur. Rahman, Vacuum 108999, 1-6 (2019).

КОРРОЗИЯ СПЛАВОВ ТИПА 625 В ХЛОРАЛЮМИНАТНЫХ РАСПЛАВАХ

Габдрахманова Д.Р.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Diana-1-5-96@yandex.ru

CORROSION OF TYPE 625 ALLOYS IN CHLORALUMINATE MELTS

Gabdrakhmanova D.R.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this research, we are studying the nature of corrosion of Nickel heat-resistant corrosion-resistant alloys of type 625 (Inconel 625 and Nicrofer 6020) in chloaluminate melts, which are promising environments for liquid-salt nuclear reactors of the new generation.

Невысокие температуры плавления и низкая стоимость исходных веществ бинарных смесей KCl-$AlCl_3$ обуславливают привлекательность использования

хлоралюминатных расплавов для получения и рафинирования ряда переходных металлов, таких как никель, хром, ниобий, молибден и т.д. Также низкоплавкие хлоралюминатные электролиты представляют интерес для использования в качестве теплоносителя второго контура жидкосолевых ядерно-энергетических установок. Однако внедрению новых электрохимических и ядерных технологий препятствует отсутствие конструкционных материалов, обладающих высокой коррозионной стойкостью в данных средах.

В настоящей работе гравиметрическим методом исследованы коррозионные свойства сплавов типа 625 (Inconel 625 и Nicrofer 6020). Данные материалы представляют собой жаропрочные и коррозионностойкие сплавы системы «никель-хром-молибден-железо».

Коррозионные тесты в расплаве $KCl\text{-}AlCl_3$ с мольным отношением Al:K=1.1 осуществляли в течение 6, 30, 100 часов при температурах 450, 550 и 650 °C. Показано, что увеличение времени выдержки при одной и той же температуре приводит к уменьшению скорости коррозии, что связано с возникновением диффузионных затруднений, связанных с отводом продуктов коррозии, по мере увеличения времени контакта материала с электролитом. Увеличение температуры с 450 °C до 650 °C приводит к существенному росту скоростей коррозии. Отличия в скоростях коррозии между сплавами-аналогами не существенны.

На основании анализа поверхности прокорродировавших образцов методом энергодисперсионной рентгеновской микроскопии установлено, что она обеднена по наиболее электроотрицательным элементам – хрому и железу. Это указывает на электрохимический характер коррозионных процессов.

Показано, что увеличение температуры до 650 °C приводит к смене характера коррозионного разрушения материалов со сплошного на межкристаллитный. Продемонстрировано, что наиболее нежелательные процессы межкристаллитной коррозии связаны с формированием по границам зерен вторых фаз.

С целью прогнозной оценки ресурса материала построена диаграмма «время-температура-приципитация» в интервале температур от 550 до 1000 °C и максимальной продолжительностью старения до 1000 ч. Установлено, что никелевые сплавы Inconel и 625 Nicrofer 6020 могут быть применены в качестве конструкционных материалов, находящихся в контакте с хлоралюминатными расплавами при температурах не выше, чем 600 °C.

1. Беттеридж У. Жаропрочные сплавы. –М.: Металлургиздат, (1961), 85 с.

2. Келер М. Влияние высокотемпературных осадков в сплаве 625 на свойства и Микроструктуру жаропрочных сплавов 718, 625. –TMS (1991), – 363-374 с.

3. D.R. Askeland, The Science and Engineering of Materials, second ed., Chapman and Hall, London, (1990).

ИОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ $BaLa_{1-x}Ba_xInO_{4-0.5x}$ СО СТРУКТУРОЙ РАДДЛЕСДЕНА-ПОППЕРА

Галишева А.О.[1], Дмитриева А.А.[1], Тарасова Н.А.[1], Анимица И.Е.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет им. Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: jelya95@gmail.com

IONIC CONDUCTIVITY OF COMPLEX OXIDES $BaLa_{1-x}Ba_xInO_{4-0.5x}$ WITH RUDDLESDEN-POPPER STRUCTURE

Galisheva A.O.[1], Dmitrieva A.A.[1], Tarasova N.A.[1], Animitsa I.E.[1]
[1)] Ural Federal University named after B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

New $BaLa_{1-x}Ba_xInO_{4-0.5x}$ ($0 \le x \le 0.15$) compounds were synthesized and identified by powder X-ray diffraction (XRD) method. Rietveld analysis of their XRD data revealed that $BaLa_{1-x}Ba_xInO_{4-0.5x}$ compounds possess the orthorhombic structure. The conductivity was measured at T, pH_2O and pO_2 variation.

Устройства преобразования энергии, такие как твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ), являются отличной альтернативой для стационарных применений, поскольку они могут вырабатывать энергию в тех местах, где установка линий электропередачи невозможна. Одним из недостатков являются высокие рабочие температуры ТОТЭ (около 1000ºС). В связи с этим ведутся разработки, позволяющие снизить рабочие температуры до среднего интервала (500-700ºС), сохранив при этом важные рабочие характеристики устройств на основе ТОТЭ.

Наиболее изученными являются соединения со структурой флюорита $Zr_{1-x}Y_xO_{2-\delta}$ (YSZ) и $Ce_{1-x}Gd_xO_{2-\delta}$ (GDC), а также со структурой перовскита $La_{1-x}Sr_xGa_{1-y}Mg_yO_{3-\delta}$ (LSGM). В последнее время интерес ученых привлекают новые структуры на основе перовскита, например, структура Раддлесдена-Поппера (K_2NiF_4). Кристаллическая решетка состоит из чередующихся слоев октаэдров BO6 и слоев каменной соли AO. Структуры типа K_2NiF_4 хорошо известны своей способностью внедрять значительное количество атомов кислорода в межузельное пространство кристаллической решетки.

В настоящей работе впервые были получены сложные оксиды состава $BaLa_{1-x}Ba_xInO_{4-0.5x}$ ($0 \le x \le 0.15$), и проведена их рентгенофазовая аттестация. Методом импедансной спектроскопии изучены транспортные свойства при варьировании внешних параметров среды (T, pH_2O, pO_2).

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект 20-63-46003)

1. K. Fujii, M. Shiraiwa, Y. Esaki et al., J. Mater. Chem. A., 2015, 3, 11985-11990

ВИД ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ В РЯДУ СИСТЕМ NaX-NaBr-Na_2SO_4 (X - F, Cl, I)

Фролов Е.И.[1, 2], Финогенов А.А.[1], Гаркушин И.К.[1]

[1)] Самарский государственный технический университет, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет, г. Самара, Россия
E-mail: frolov_zhenya@inbox.ru

TYPE OF PHASE EQUILIBRIA IN A NUMBER OF SYSTEMS NaX-NaBr-Na_2SO_4 (X - F, Cl, I)

Frolov E.I.[1, 2], Finogenov A.A.[1], Garkushin I.K.[1]

[1)] Samara State Technical University, Samara, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Phase equilibria in two three component systems were studied using differential thermal analysis NaCl-NaBr-Na_2SO_4 and NaI-NaBr-Na_2SO_4. Determined the compositions (mol.%) and temperatures (^{0}C) nonvariant points. A number of systems have been analyzed NaX-NaBr-Na_2SO_4 (X - F, Cl, I).

Исследования систем, содержащих соли натрия, представляет широкий интерес, так как нонвариантные смесевые составы этих солей используется в качестве электролитов в среднетемпературных тепловых химических источниках тока, а также как теплоаккумулирующие материалы в тепловых аккумуляторах [1, 2]. Смеси рассматриваемых солей обладает рядом ценных свойств, таких как высокая электропроводность и теплоемкость, термическая устойчивость, не токсичность, что определяет их широкий диапазон использования [3]. А изучения и получения вида фазовых диаграмм являются теоретической основой для создания новых материалов.

В настоящей работе впервые проведено экспериментальное исследование фазовые равновесий и найдены нонвариантные составы для двух трехкомпонентных систем NaCl-NaBr-Na_2SO_4 и NaI-NaBr-Na_2SO_4. А также проанализированы фазовые равновесия в целом по ряду трехкомпонентных систем: NaX-NaBr-Na_2SO_4 (X - F, Cl, I).

Исследование проведено с использованием дифференциального термического анализа (ДТА) в стандартном исполнении [4]: датчик температуры комбинированная Pt–Pt/Rh(10%Rh)-термопара, индифферентное вещество – Al_2O_3. Скорость нагревания и охлаждения образцов составляла 12-15 ^{0}C/мин. Системы исследованы в интервале температур 400-750 ^{0}C.

Для экспериментального нахождения нонвариантных составов и дальнейшего построением фазовых равновесий в ранее не изученных системах были выбраны политермические разрезы в поле кристаллизации сульфата натрия. Исследования составов в этих разрезах позволило найти соотношение нонвариантных точках, таких компонентов, как NaCl и NaBr (NaI и NaBr) в соответствующих

системах. Далее соединяя, полюс кристаллизации с найденными точками на политермических разрезах и постепенно уменьшая содержания сульфата натрия в исследуемых составах, позволило найти нонвариантные составы, характеристика которых обуславливалась наличием одного эффекта с минимальной температурой на термограмме.

Найденные точки позволили также прочертить моновариантные линии внутри трехкомпонентных систем и соответственно разграничить поля кристаллизации присутствующие в данных системах компонентов и описать их.

Полученные данные по двум выше описанным системам позволило нам построить и проанализировать ряд трехкомпонентных систем следующего вида $NaX\text{-}NaBr\text{-}Na_2SO_4$ (X - F, Cl, I). Исходя из анализа ряда, можно выявить существенно отличие в фазовых полях между системой $NaF\text{-}NaBr\text{-}Na_2SO_4$ [5] и двумя другими системами. Заключается оно в том, что характер ограняющих систем сильно отличается.

1. Коровин Н.В. Электрохимическая энергетика. М.: Энергоатомиздат. (1991).

2. Вырыпаев Н.Н. Химические источники тока: учебное пособие для химико-технологических специальностей вузов. М.: Высш. школа. (1990).

3. Гасаналиев А.М., Гаркушин И.К., Дибиров М.А., Трунин А.С. Применение расплавов в современной науке и технике. Махачкала: Деловой мир. (2011).

4. Егунов В.П., Гаркушин И.К., Фролов Е.И., Мощенский Ю.В. Термический анализ и калориметрия: уч. пособие. Самара: Самарск. гос. техн. ун-т. (2013).

5. В.И. Сырова, Е.И. Фролов, И.К. Гаркушин // Журн. неорган. химии. Т. 62. С. 381. (2017).

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ YAG КЕРАМИКИ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОРЯЧЕГО ИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ (HIP)

Гаврин В.А.[1], Лукьяшин К.Е.[2], Осипов В.В.[2]

[1)] Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт Электрофизики УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: gavrin96@mail.ru

STUDY AND SYNTHESIS OF YAG - CERAMICS WITHOUT THE USE OF HOT ISOSTATIC PRESSING (HIP) TECHNOLOGY

Gavrin V.A.[1], Lukyashin K.E.[2], Osipov V.V.[2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Electrophysics UrD RAS, Yekaterinburg, Russia

The results of research of synthesis of ceramics based on yttrium aluminum garnet and its properties are presented. Ceramics was synthesized by using different methods with 10 nm nanopowders. Zirconium oxide, silicon oxide and magnesium oxide were used as sintering additions.

Несмотря на обширный накопленный научный опыт в области синтеза YAG керамики [1], остаются ещё проблемы в данной области исследований. Так, в частности, существует проблема синтеза керамики без ионов-активаторов. Связано это с тем, что сам ион-активатор в структуре YAG ведёт себя как спекающая добавка, внося искажения в кристаллическую решётку матрицы вследствие различных ионных радиусов иттрия и иона-активатора. Исследователи предпринимают попытки синтеза YAG керамики без ионов-активаторов, но для этого им приходится использовать дорогое и редкое оборудование, такое как горячее изостатическое прессование HIP [2,3].

В данной работе авторы изучают возможность синтезировать YAG керамику без ионов-активаторов, не используя дорогое и редкое оборудование. Успешный опыт по синтезу YAG керамики с различными ионами-активаторами у авторов уже есть [4]. Для синтеза керамик используются нанопорошки (10-15 нм) собственного производства полученные методом лазерной абляции мишени [5], используются различные технологические подходы (температура и время спекания, просеивание через сито) и спекающие добавки (оксид циркония, оксид кремния и оксид магния) с различными концентрациями.

Таким образом, целью данной работы является исследование возможности синтеза YAG керамики без ионов-активаторов и без использования горячего изостатического прессования (HIP).

Структура керамик подтверждена с помощью рентгеноструктурного анализа. Морфологические свойства определены с применением оптической, спектроскопии. Оптические свойства синтезированных образцов изучены с применением

трансмиссионной оптической спектроскопии. Люминесцентные свойства изучены с применением импульсной катодолюминесцентной спектроскопии. Результаты исследований синтезированной YAG керамики представлены в докладе.

1. Akio Ikesue/ PROGRESS IN CERAMIC LASERS/ Akio Ikesue, Yan Lin Aung et al.- Annu. Rev. Mater. Res, 2006, pp. 397-429.
2. LI Chang-qing /Fabrication of transparent YAG ceramics by traditional solid-state-reaction method/ LI Chang-qing, ZUO Hong-bo, ZHANG Ming-fu, HAN Jie-cai, MENG Song-he – Trans. Nonferrous Met. SOC. China, 2007, no. 17, pp. 148-153.
3. Xianxue Li /Co-precipitation synthesis and two-step sintering of YAG powders for transparent ceramics/ Xianxue Li, Bingyun Zheng, Tareque Odoom-Wubah, JialeHuang - Ceramics International, 2013, no. 39, pp. 7983–7988.
4. Osipov V.V. /Fabrication, optical and scintillation properties of transparent YAG:Ce ceramics/ V.V. Osipov, A.V. Ishchenko, V.A. Shitov, R.N. Maksimov, K.E. Lukyashin – Optical Materials, 2016, pp. 1-5.
5. Osipov V.V./Laser synthesis of nanopowders/ V.V Osipov Yu.A Kotov., M.G Ivanov., O.M Samatov., V.V. Lisenkov et. al - Las. Phys., v.16, 2006, pp.116-125.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ Ni–Cr–Mo, Ni-Mo-Ta И Ni-Mo-Nb

Гибадуллина А. Ф.[1], Половов И. Б.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: a.f.gibadullina@urfu.ru

THERMODYNAMIC MODELING OF THE Ni–Cr–Mo, Ni-Mo-Ta AND Ni-Mo-Nb SYSTEMS

Gibadullina A. F.[1], Polovov I. B.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Thermodynamic stability of the Ni-Mo-Ta and Ni-Mo-Nb systems was studied using Thermo-calc 2020a (TCNI9 and MOBNi5 databases). The optimum composition were determined in terms of phase stability at high temperatures.

Данная работа посвящена изучению фазовой стабильности тройных систем Ni–Cr–Mo, Ni-Mo-Ta, Ni-Mo-Nb, а также определению областей существования интерметаллических соединений, характерных для изучаемых систем. Термодинамическое моделирование проводилось с целью выбора оптимального состава сплавов на основе исследуемых систем при помощи программного комплекса Thermo-calc 2020a от Thermocalc Software AB, и базы данных для разработки

никелевых суперсплавов TCS Ni-based Superalloys Database 9 – TCNI9, разработанной с использованием подхода CALPHAD [1].

На первом этапе главной целью стало определение области существования однофазного твёрдого раствора – гамма-фазы с ГЦК-решёткой – матрицы во всех коррозионностойких никелевых сплавах. Результаты моделирования показывают, что сохранение однофазной структуры являются сложной задачей, поскольку все изучаемые системы склонны к образованию интерметаллических соединений, что на практике вызывает трудности при эксплуатации материалов.

На втором этапе было осуществлено моделирование в модулях TC-Prisma и DICTRA для изучения кинетических и диффузионных процессов, происходящих в исследуемых системах.

1. Spencer, P. J. (2008). A brief history of CALPHAD. Calphad: Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry, 32(1), 1–8.

ВЛИЯНИЕ ТИТАНА И ЦИРКОНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Al-4%Cu

Гилев И.О.[1], Котенков П.В.[1, 2], Концевой Ю.В.[1], Шубин А.Б.[1]

[1)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия.
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: i.o.gilev@yandex.ru

EFFECT OF TITANIUM AND ZIRCONIUM ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE Al-4%Cu ALLOY

Gilev I.O.[1], Kotenkov P.V.[1, 2], Kontsevoy Y.V.[1], Shubin A.B.[1]

[1)] Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Macrostructure of the Al-4% Cu alloys having small additions of titanium or/and zirconium was investigated by optical microscopy methods. Optical microscopy was used to study the structural evolution after cold deformation and subsequent annealing of the alloys. The degree of the compression was 70

Последние десятилетия большое внимание уделяется изучению влияния малых добавок переходных металлов (ПМ) на структуру и свойства деформируемых алюминиевых сплавов [1-2]. Введение в алюминиевый расплав от сотых до десятых долей процента Sc, Ti, Zr, Hf и др. ПМ, способно обеспечить улучшение физических и механических свойства алюминия. Выделение в процессе кристаллизации первичных алюминидов (Al_3Sc, Al_3Ti, Al_3Zr, Al_3Hf и др.) приводит к

измельчению зерна алюминиевых сплавов [3], а образование большой объемной доли вторичных интерметаллидов в процессе термообработки или деформации приводит к повышению прочности и сдерживанию процессов рекристаллизации [4].

В данной работе рассмотрено раздельное и совместное влияние малых добавок Ti и Zr на процессы рекристаллизации модельного сплава Al–4%Cu.

Выплавку сплавов Al–4%Cu с малыми добавками ПМ, проводили в шахтной электропечи в корундовых тиглях в атмосфере аргона при температуре 720-740°C. Расплавы заливали в графитовую изложницу. Скорость кристаллизации составляла ~40-60 град/с. Поверхность слитков обрабатывали механически с целью устранения литейных дефектов. Химический состав сплавов определяли с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой. Подготовленные слитки отжигали при температуре 535°C в течение 10 часов с последующей закалкой в воде при комнатной температуре и подвергали холодной деформации со степенью обжатия 70%. Деформированные слитки разрезали на образцы и отжигали при температурах 150 - 530°C с шагом 50°C и выдержкой при каждой температуре в течение 1 час. После каждой стадии температурного отжига на шлифе проводили измерение микротвердости, что позволило оценить влияние малых добавок ПМ на изменение прочности сплавов в процессе рекристаллизации.

По результатам работы было установлено, что дополнительное введение Ti и/или Zr в расплав Al–4%Cu позволяет повысить температуру начала рекристаллизации сплава на 50-100°C. Структура сплавов, модифицированных только Zr либо совместной добавкой Ti+Zr (0,2-0,4 масс.%), не переходит в полностью рекристаллизованное состояние во всем изучаемом диапазоне температурной обработки. Показано, что холодная деформация (после гомогенизационного отжига) приводит к повышению микротвердости деформированных зерен исследуемых сплавов, при этом наибольшие значения наблюдаются при использовании именно комплексных добавок.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМЕТ УрО РАН с использованием оборудования ЦКП «Урал-М».

1. Belov N., Alabin A., et. al. Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition). 25(9), 2817-2826, (2015).

2. Hyde K.B., Norman A.F., Prangnell P.B. Materials Science Forum. 396–402, 39–44, (2009).

3. Попова Э.А., Котенков П.В., Пастухов Э.А. Расплавы. 2, 185-191, (2016).

4. Knipling K.E., Dunand D.C., Seidman D.N. Acta Materialia. 56, 114–127, (2008).

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРЕТНОГО ЭФФЕКТА НА БУМАЖНЫЕ ОБЕЗЗОЛЕННЫЕ ФИЛЬТРЫ

Гильфанова С.В.[1], Галиханов М.Ф.[1], Галеева Л.Р.[1]

[1)] КНИТУ, г. Казань, Россия
E-mail: svetlana-volkova-1994@mail.ru

INFLUENCE OF ELECTRON EFFECT ON PAPER DEDOISED FILTERS

Gilfanova S.V.[1], Galikhanov M.F.[1], Galeeva L.R.[1]
[1)] KNRTU, Kazan, Russia

The effect of processing a unipolar corona discharge on the properties of desolation filters. It was found that imparting electret contraction to the samples led to an increase in mechanical strength, filtration and separation ability.

Бумажные фильтры занимают важное место в промышленности и быту человека. Сфера их применения достаточно широка (медицина, пивоварение, водоочистка и др.), однако бумажные фильтры имеют низкую прочность, а значит, улучшение их свойств является на сегодняшний день весьма актуальной задачей [1]. Одним из способов повышения качества бумажных материалов является их перевод в электретное состояние [2, 3]. Несмотря на расширяющееся производство электретных фильтрующих материалов, вопросы изменения комплекса свойств материалов при электретировании (например, с помощью коронного разряда), взаимодействия электрического поля электрета с окружающими веществами, изменение скорости массопереноса в электрическом поле материала остаются до конца невыясненными.

Таким образом, целью данной работы является изучение влияния коронного разряда на фильтрующие, разделительные и прочностные характеристики обеззоленных фильтров.

Объектами исследования были выбраны обеззоленные фильтры «Синяя лента». Электретирование образцов осуществлялось в униполярном коронном разряде. Прочностные характеристики изучали на разрывной машине 81502-SN41100, разделительную способность и скорость фильтрации – с помощью колбы Бунзена и воронки Бюхнера, измерение дзета – потенциала проводили на приборе Mutek SZP-06.

В ходе исследований было выявлено, что придание образцам электретного состояния привело к росту прочностных характеристик – разрывной длины на 4 % (с 4,94 км до 5,16 км), максимального усилия на 4 % (с 66,85 Н до 69,81 Н); улучшению разделительной способности на 6 % (с 10% до 4%) и увеличению скорости фильтрации в 1,2 раза (с 6 мин до 7 мин).

Увеличение прочностных показателей фильтровальной бумаги при электретировании можно объяснить следующим образом. Под действием носителей заряда (электронов, ионов), инжектируемых в объем бумаги при обработке в

отрицательном коронном разряде повышается вклад электростатических связей в установлении контактов между волокнами. Об этом свидетельствует тот факт, что после обработки в коронном разряде показатель дзета-потенциала поверхности волокон возрастает в среднем на 14 %.

По показателям механической прочности, фильтрационной и разделительной способности обеззоленных фильтров, сделан вывод об увеличении их эксплуатационных характеристик.

1. Канарский А.В. Фильтровальные виды бумаги и картона для промышленных технологических процессов, Экология, (1991).

2. Perepelkina A.A. et al. Effect of unipolar corona discharges of pulp-and-paper materials, Surface engineering and applied electrochemistry, (2015) 51, 2, 138-142.

3. Мусина Л.Р. и др. Изменение механических свойств целлюлозно-бумажного материала при обработке его поверхности, Бутлеровские сообщения, (2017) 49, 3, 44-49.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА БИНАРНЫХ КОМПОЗИТОВ Cu/Mg

Калонов А.А.[1], Волков А.Ю.[1], Глухов А.В.[1, 2], Кошевой П.С.[1, 2]

[1)] Институт физики металлов УрО РАН им. М.Н. Михеева, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: kalonov@imp.uran.ru

STRUCTURE AND PROPERTIES OF BINARY COMPOSITES CU/MG

Kalonov A.A.[1], Volkov A.Yu.[1], Glukhov A.V.[1, 2], Koshevoy P.S.[1, 2]

[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Cu/Mg-binary composites were obtained. The structure, mechanical and electrical properties of composites were investigated. With increasing of Mg-fibers and deformation value, the Cu-peaks change its position towards to higher angles. A Cu-based solid solution is formed at the interface of Cu/Mg.

Разработка высокопрочных электрических проводников на основе медных сплавов является важной задачей электронной промышленности. Контактные провода из сплавов Cu-Mg имеют большое применение, например, для высокоскоростного железнодорожного транспорта. Известно, что добавка небольшоно количества магния в медь повышает прочность меди в несколько раз за счет твердорастворного упрочнения [1]. В отличие от Cu-Mg-сплавов, исследования Cu/Mg-композитов не так многочисленны. Причиной этому могут быть сомнения исследователей в возможности упрочнения Cu-матрицы путем введения в нее менее прочного Mg. Целью исследования является получение бинарных

композитов Cu/Mg, с последующим изучением структуры интерфейса и ее влияния на физико-механические свойства.

В медный контейнер (с внутренним и внешним диаметрами 12 мм и 21,5 мм, соответственно) было загружено 390 отрезков проволоки Ø0,5 мм из Cu/Mg-композита, в медной матрице которого содержится 7 магниевых волокон. Собранная заготовка последовательно экструдировалась при комнатной температуре до получения прутков различных диаметров. Таким образом, были получены и изучены два вида Cu/Mg-композитов, содержащий из 7 и 2730 Mg-волокон.

Структура, механические и электрические свойства композитных проводов Cu/Mg были исследованы в деформированном состоянии. Теоретические значения предела текучести (σ_{YS}) и удельного электрического сопротивления (ρ) композитов были оценены и сопоставлены с экспериментальными данными. Рассчитана объемная доля границ раздела Cu/Mg в композитах. Было обнаружено, что с увеличением числа Mg волокон и величины деформации, объемная доля Mg уменьшается, в то же время увеличивается объемная доля интерфейса Cu/Mg. Прочность деформированного Cu/Mg-композита с минимальной объемной долей Mg является аномально высокой (σ_{YS}= 381 МПа), однако его удельное электрическое сопротивление (ρ = 0,0184 мкОм · м) является самым низким из всех исследованных образцов. Методами рентгеноструктурного анализа и просвечивающей электронной микроскопии установлено уменьшение параметра решетки медной матрицы в ходе деформации (Рисунок 1).

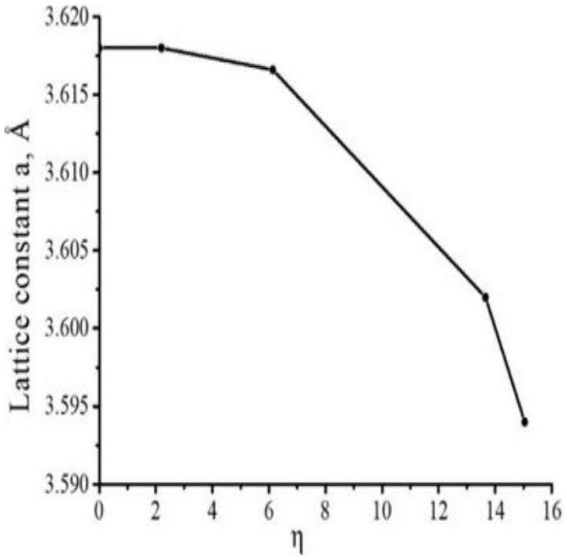


Рис. 1. Зависимость параметра решетки Cu от накопленной деформации (η)

Это указывает на формирование твердого раствора магния в меди на Cu/Mg-интерфейсах. Возможность растворения магния в меди в ходе интенсивной пластической деформации (ИПД) обнаружена впервые. Это явление может быть использовано в дальнейшем при создании высокопрочных проводников электрического тока.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-33-90005

1. S. Gorsse, B. Ouvrard, M. Goune, and A. Poulon-Quintin. J. Alloys Comp. 633, 42-47 (2015).

2. A.Yu Volkov , B.D. Antonov, E.I. Patrakov, E.G. Volkova, D.A. Komkova, A.A. Kalonov and A.V. Glukhov, “Abnormally high strength and low electrical resistivity of the deformed Cu/Mg-composite with a big number of Mg-filaments”, Materials and Design, 185, 108276 (2020).

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИЛАКТИДА С МИНЕРАЛЬНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ

Камалова Р.И.[1], Шарипова Г.Ф.[1], Галиханов М.Ф.[1],
Загидуллина И.А.[1], Хайруллин Р.З.[1]

[1)] Казанский национальный исследовательский технологический университет
E-mail: zagidullina_inna@mail.ru

THE STUDY OF THE ELECTRET PROPERTIES OF POLYLACTIDE AND MINERAL FILLERS

Kamalova R.I.[1], Sharipova G.F.[1], Galikhanov M.F.[1], Zagidullina I.A.[1], Hairullin R.Z.[1]

[1)] Kazan National Research Technological University

The paper shows that when filling polylactide 2%, 4% mineral filler observed the best electret characteristics.

В обществе постоянно нарастает обеспокоенность вопросами защиты окружающей среды и здоровья человека. Многие производители упаковки в поисках безопасных для окружающей среды материалов и это приводят к тому, что всё чаще начинают использовать биополимеры. Одним из таких перспективных биополимеров, используемых в настоящее время в промышленности является полилактид (ПЛА) [1].

Одним из видов активной упаковки является электретная плёнка, которая способна подавлять размножение различных микроорганизмов, тем самым увеличивать срок хранения пищевого продукта [2].

Предпринимаются попытки изготовить электреты из полилактида [3]. Показано, что присутствие наполнителя в составе полимера увеличивает величину и стабильность его электретных свойств [4].

Целью данной работы явилось исследование электретных характеристик ПЛА с минеральными наполнителями (2, 4, 6% талька или слюды).

В ходе работы было обнаружено, что электретные характеристики (потенциал поверхности Vэ, напряженность электрического поля Е и эффективная поверхностная плотность зарядов $\sigma_{эф}$) композиционных пленок на основе полилактида с 2 или 4% талька или слюды больше, чем у ненаполненного полимера. Это связано с тем, что при введении наполнителя в структуре полимера возникнают новые ловушки инжектированных носителей заряда на границе раздела фаз «полимер – наполнитель». Предпринята попутка оценить энергетические параметры (энергия активации, частотный фактор) этих новых ловушек на основе экспериментальных данных снижения $V_э$, Е и σэф полилактида и его композиций, хранящихся при различных температурах.

Анализ реологических характеристик показал, что с увеличением процентного содержания наполнителя (2, 4, 6%) в ПЛА снижается показатель текучести расплава, следовательно, переработка наполненных композиций ПЛА будет осуществляться при меньших энергозатратах.

Таким образом, на основании результатов проведенных исследований можно сделать вывод, что введение 2 или 4% минерального наполнителя (талька либо слюды) наблюдается рост электретных характеристик полилактида. Полученные значения вязкости позволяют рекомендовать переработку исследуемых полимерных композиций экструзией.

1. Sinha Ray S. et al. Polylactide layered silicate nanocomposites. High performance biodegradable materials, Chem. Mater, (2003) 3, 15, 1456.
2. Galikhanov M. et al. Effect of active packaging material on milk quality, Bulgarian Chemical Communications, (2014) 46, 142-145.
3. Гужова А.А. и др. Изучение электретных свойств короноэлектретов на основе полилактида, Вестник Казанского технологического университета, (2012) 5, 10, 123-130.
4. Guzhova A.A. et al. Improvement of polylactic acid electret properties by addition of fine barium titanate, Journal of Electrostatics (2016) 79, 1-6.

ПОИСК РЕЖИМА АНОДИРОВАНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА

Карамулин А.С.[1], Русаков К.А.[1, 2]

[1)] МБОУ СОШ №1 им. Александра Сергеевича Пушкина, г. Верхняя Салда, Россия
[2)] ПАО "Корпорация ВСМПО-АВИСМА", г. Верхняя Салда, Россия
E-mail: rusakov_ka@vsmpo.ru

SEARCH FOR ANODIZING MODE TO REVEAL THE CRYSTALLIZATION STRUCTURE OF A TITANIUM ALLOY

Karamulin A.S.[1], Rusakov K.A.[1, 2]

[1)] State School No. 1 named after Alexander Sergeevich Pushkin, Verkhnyaya Salda
[2)] PSC VSMPO-AVISMA Corporation, Verkhnyaya Salda, Russia

The present study is devoted to the search for a technique that reveals the crystallization structure of a titanium alloy. The conventional etching method is not applicable for all classes of titanium. This article discusses an alternative method that involves anodizing without conventional etching.

Титановые сплавы получили широкое применение во многих областях техники благодаря своей высокой коррозионной стойкости, высокой удельной прочности, а также биосовместимости. Одним из методов получения титановых сплавов является вакуумно-дуговой переплав (ВДП). Во время ВДП легирующие элементы перераспределяются на фронте кристаллизации между жидкой и затвердевающей фазами. Степень перераспределения для различных легирующих элементов различна. Легирующие элементы по-разному влияют на технологически важную температуру полиморфного превращения (ТПП). Перераспределение элементов на фронте кристаллизации и их различное влияние на ТПП может приводить к неоднородности механических свойств готового изделия. Поэтому вводятся ограничения на недопустимые проявления ликвации.

Для предотвращения формирования недопустимых ликвационных дефектов на практике используется математическое моделирование процесса затвердевания при ВДП. Однако в литературе недостаточно теплофизических данных для конкретного сплава. Помимо этого сложно найти коэффициенты перераспределения конкретного легирующего элемента для конкретной системы легирования. Поэтому на практике выплавляются небольшие слитки, которые подвергаются исследованию, на основании результатов которого проводится уточнение параметров модели. Одной из важных частей исследования является изучение структуры кристаллизации. Однако не для всех классов титановых сплавов структура кристаллизации выявляется традиционным травлением – контраст структуры кристаллизации подавляется контрастом от макро- и микроструктуры слитка.

В настоящей работе показаны поиски режима анодирования для выявления структуры кристаллизации титанового сплава без традиционного травления.

Установлено, что простое анодирование не способно выявлять структуру кристаллизации. Предложен режим двухступенчатого анодирования: «катодирование» с последующим анодированием.

1. Аверьянов Е.Е., Справочник по анодированию., М.: Машиностроение., 1988 г., 224 с.
2. Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П., Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. 3-е изд., перераб. и доп., М.: Машиностроение, 1990 г., 528 с.
3. Чечулин Б. Б., Ушков, С. С. Разуваева И. Н., Гольдфайн В. Н., Титановые сплавы в машиностроении. Л.: Машиностроение, 1977 г., 248 с.

СИНТЕЗ КЕРАМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН ZrO_2-Y_2O_3 МЕТОДОМ ПРОПИТКИ НЕТКАНОГО ВИСКОЗНОГО МАТЕРИАЛА

Карпова П.А.[1], Титова С.М.[1], Карташов В.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: karpusha291297@gmail.com

SYNTHESIS OF CERAMIC FIBERS ZrO_2-Y_2O_3 BY THE METHOD OF IMPREGNATION OF NONWOVEN VISCOSE MATERIAL

Karpova P.A.[1], Titova S.M.[1], Kartashov V.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We consider a method for synthesizing ceramic ZrO_2-Y_2O_3 fibers by impregnating a nonwoven viscose material with a solution of zirconyl nitrate with the addition of yttrium nitrate. Fibers with maximum strength were synthesized by use the solution with concentration 300 g L^{-1} and sintering on 1700°C.

Функциональные материалы на основе оксида циркония широко используются при создании теплозащитных покрытий, огнеупоров и керамики. Особое внимание уделяется волокнам диоксида циркония, предназначенным для упрочнения керамических материалов, работающих, в частности, в высокотемпературном диапазоне [1].

В данной работе керамические волокна из ZrO_2, стабилизированного Y_2O_3, изготавливались методом пропитки нетканого вискозного материала концентрированными растворами $ZrO(NO_3)_2$ и $Y(NO_3)_3$ с последующей термообработкой.

Для определения зависимости эмпирической прочности готовых волокон от температуры их отжига (1000-1700°C) и от концентрации пропитывающих растворов по сумме оксидов циркония и иттрия (300-400 г/дм^3) проводили серию из 8 опытов.

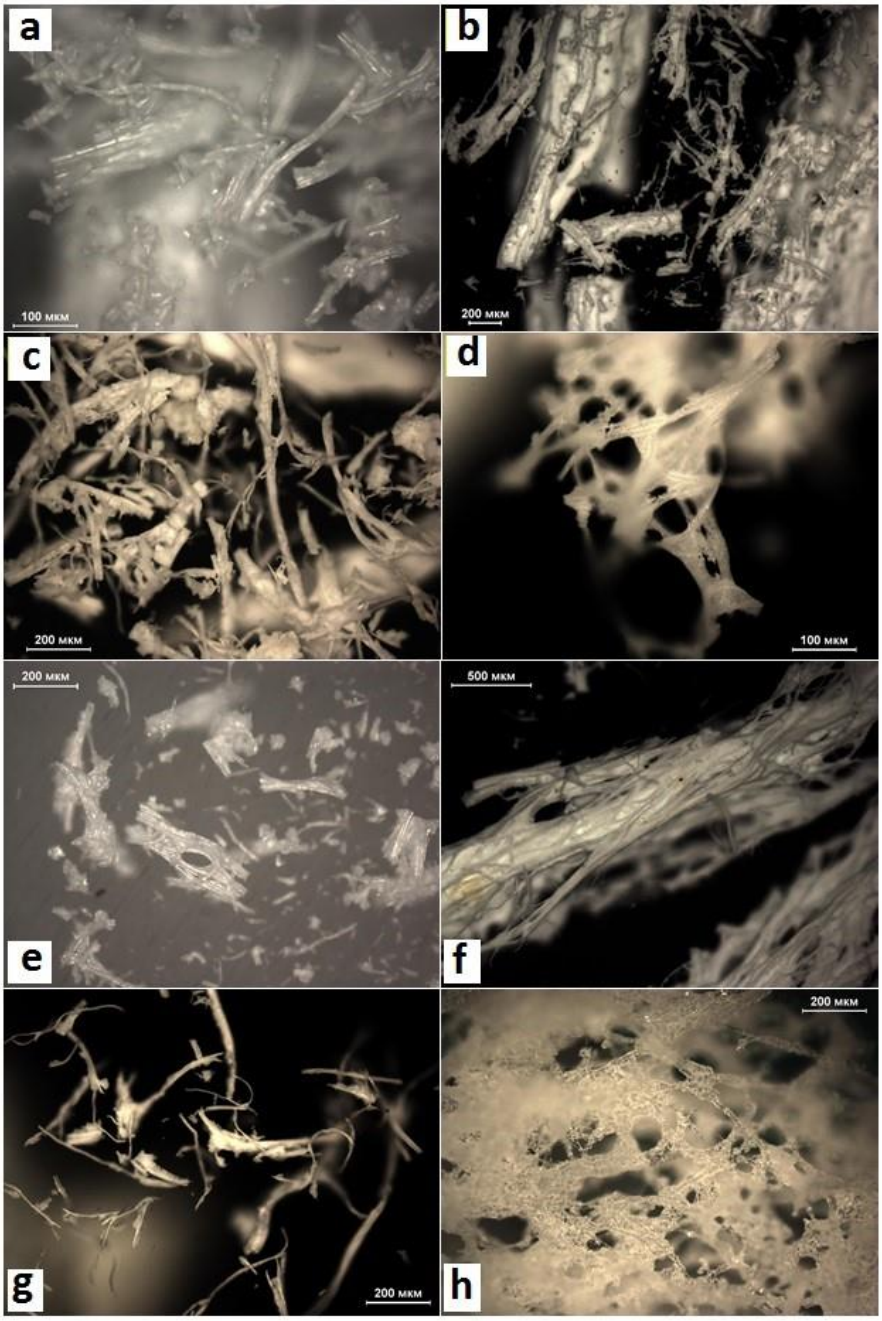


Рис. 1. Волокна ZrO_2 - Y_2O_3, синтезированные при данных концентрациях раствора и температурах отжига: a - 300 г/дм^3, 1000 °C; b - 300 г/дм^3, 1200 °C; c - 300 г/дм^3, 1400 °C; d - 300 г/дм^3, 1700 °C; e - 400 г/дм^3, 1000 °C; f - 400 г/дм^3, 1200 °C; g - 400 г/дм^3, 1400 °C; h - 400 г/дм^3, 1700 °C

На первом этапе готовили растворы состава $ZrO(NO_3)_2$ + $Y(NO_3)_3$ с добавлением поливинилового спирта (10% по массе), в которые далее погружали образцы нетканого вискозного материала. Последующую пропитку проводили под вакуумом в течение 30 минут, после чего пропитанные волокна сушили при 80°C в течение 2 часов для удаления влаги.

Высокотемпературный отжиг высушенных волокон проводили с выдержкой при максимальной температуре в течение 2 часов.

В результате получили волокна различной структуры, представленные на рис.1. Исследование структуры проводилось на инвертируемом микроскопе Olympus GX-71.

Следует отметить: чем больше концентрация раствора и меньше температура отжига, тем более хрупкими получились волокна. Оптимальными условиями приготовления прочных вискеров являются: концентрация пропитывающего раствора 300 г/дм^3 (по сумме оксидов циркония и иттрия) и температура отжига 1700°С.

Таким образом, метод пропитки нетканого вискозного материала растворами нитратов циркония и иттрия позволяет получать керамические волокна высокой прочности.

1. Михеев С.В. Керамические и композиционные материалы в авиационной технике. М.: Альтекс, 2002.

ОСОБЕННОСТИ ХАРАКТЕРИЗАЦИИ ВЫСОКОЧИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Касилюнас А.В.[1], Медведевских М.Ю.[1], Сергеева А.С.[1],
Чувилина Е.Л.[2], Арзманова А.Б.[2]

[1)] УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»,
Россия, г. Екатеринбург
[2)] ООО «ЛАНХИТ», Россия, г. Москва
E-mail: kasilyunasav@uniim.ru

FEATURES OF THE SELECTION OF HIGH-PURITY MATERIALS

Kasilyunas A.V.[1], Medvedevskikh M.Yu.[1], Sergeeva A.S.[1],
Chuvilina E.L.[2], Arzmanova A.B.[2]

[1)] UNIIM – branch of FGUP "VNIIM im. D. I. Mendeleev», Russia, Yekaterinburg
[2)] LLC "LANHIT", Russia, Moscow

The results of the development of a method for measuring the water content in high-purity lead bromide are obtained. The measurements were carried out using methods of thermogravimetric analysis with mass spectrometric detection, coulometric Karl Fischer titration with a oven.

В последние несколько лет во всем мире ведутся интенсивные исследования по синтезу нанокристаллов перовскита типа $CsPbX_3$ для фотолюминесценции. Эти соединения считаются перспективными для массового производства солнечных батарей, покрывающих не только крыши, но и стены зданий. В качестве исходных веществ используют галогениды свинца, к которым предъявляют достаточно высокие требования не только по чистоте, но и по содержанию воды. ООО

«ЛАНХИТ» производит хлорид, бромид и иодид свинца чистотой от 99,995 % до 99,999 % в виде безводного порошка (с содержанием воды не более 500 ppm) и ультра сухих кристаллов и гранул (не более 100 ppm). Остаточное содержание H_2O, OH^- и O_2- рассчитывается по весу нелетучего остатка (в данном случае PbO) после отгонки летучего галогенида, что может являться значительным. Других надежных методик определения остаточной воды в безводных и ультра сухих веществах не имеется. Настоящая работа посвящена разработке методики измерений содержания воды в бромиде свинца.

Измерения массовой доли воды были выполнены на Государственном первичном эталоне единиц массовой доли и массовой (молярной) концентрации воды в твердых и жидких веществах и материалах ГЭТ 173-2017, хранителем которого является ФГУП «УНИИМ»: эталонной установке на основе кулонометрического титрования по методу Карла Фишера с печью (установка cKF), эталонной установке на основе термогравиметрического анализа с масс-спектрометрическим детектированием (установка TGA/MC) [1].

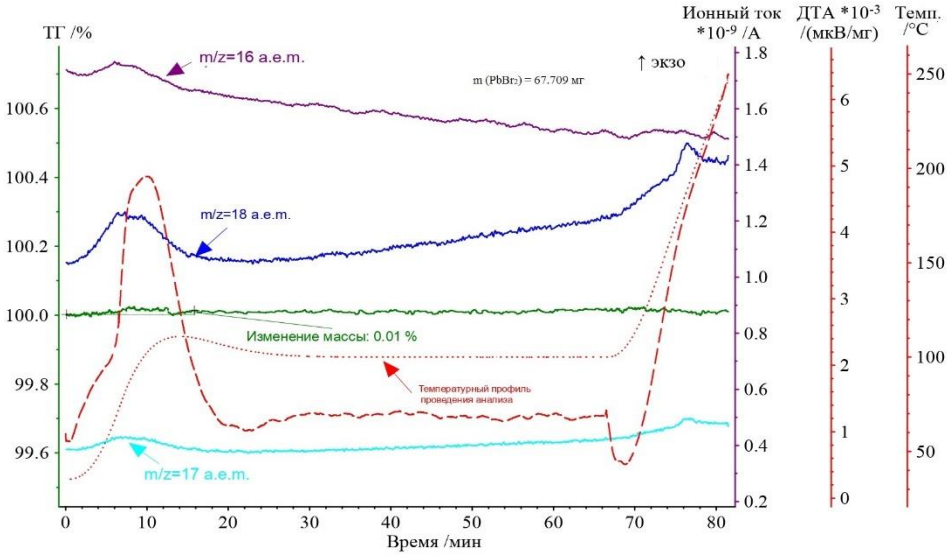


Рис. 1. – Термограмма бромида свинца

Измерения на установке TGA/MC проводили с целью проверки извлекаемой из материала при нагревании парогазовой смеси (для правильного выбора температуры сушки необходимо отсутствие отличных от воды летучих компонентов). Термограмма представлена на рисунке . Классический метод Фишера неприменим, поскольку бромид свинца достаточно трудно перевести в раствор, пригодный для проведения окислительно-восстановительной реакции, характерной для данного метода.

После экспериментального подтверждения отсутствия выхода отличных от воды летучих компонентов при нагреве была использована печь на установке cKF с последующим кулонометрическим титрованием методом Фишера парогазовой смеси, выделяемой из бромида свинца. Массовая доля воды в бромиде свинца в

форме гранул составила (0,00373±0,00045) %, в форме порошка - (0,0114±0,0031) %.

Полученные результаты коррелируются с определением воды в $PbBr_2$ по нелетучему остатку, однако их следуют считать более точными. Применение разработанного подхода позволило проводить анализ содержания воды, что является критичным показателем качества высокочистых материалов, осуществлять идентификацию выделяющихся при нагревании соединений, устанавливать параметры высушивания при дальнейшей работе с материалом.

Работа будет продолжена в направлении расширения спектра анализируемых соединений.

1. Медведевских М.Ю., Крашенинина М.П., Сергеева А.С., Шохина О.С. Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2018. Т. 84. № 6. С. 63-69

THE MAGNESIA CASTABLES DEVELOPMENT FOR LINING THE STEEL LADLE A SLAG BELT

Khafizova A.R.[1], Zemlyanoi K.G.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia
E-mail: khafizova.alina@urfu.ru

This article is devoted to the magnesia concrete developing possibility study based on hydraulic binders for the ferrous metallurgy steel ladles lining. The study objectives were to investigate the magnesia castables obtaining experience based on MgO and high-alumina cement.

Taking into account the latest achievements in the field of refractory products production, the researchers set themselves the task of developing highly magnesian self-flowing concrete [1-3]. The periclase concrete development and implementation can reduce the time, labor and material costs for repairs and increase the steel ladle slag belt durability , which will reduce the steelmaking cost [4].

The starting materials used for the magnesia concrete development were: fused periclase produced by Magnesite Group, high alumina cement, rheological additives.

The study proved the possibility of using periclase raw materials as a filler for the low-cement magnesia concrete production on hydraulic binders. To obtain the necessary information about the studied refractory concrete, the mixture consistency, open porosity, apparent density and mechanical strength were determined. Periclase hydration control was carried out according to the results of quantitative x-ray phase analysis. During the study of the obtaining magnesia castables possibility, the initial periclase powders hydration was checked to exclude the possibility of their hydration, and, as a consequence, the Mg(OH)2 phase formation in the structure of the material.

The preparation and study of the compositions was carried out by introducing into the concrete functional additives based on silica fume and dispersing alumina in order to find the optimal one. An additives system has been selected that provides good rheological properties of magnesia concrete on high alumina cement. It has been established that the pure periclase raw materials and the traditional matrix system use of low cement castables (LCC) based on MgO does not allow sintering of the system, which requires a separate study on the selection of sintering systems for periclase low cement concretes. It has been established that the introduction of traditional additives into periclase concrete that increase the corrosion resistance of periclase refractories (carbon, zirconium, chromium, and aluminum oxides) naturally reduces the physicochemical and thermophysical properties of concrete. This requires the search for either new additives or new forms of introducing additives that increase the corrosion resistance of periclase low-cement concrete. One of the promising areas for further research is the development of the low-carbon periclase concrete concept using ultrafine carbon materials with a high degree of the crystal structure perfection.

1. Golovko, A. G., Gordeev, E. I., Zolotukhin, V. I., Provorotov, D. A. New solutions for non-stop casting of steel: slide gates, refractories, technology. New refractories (2010, 10, 3-6).

2. Kashcheev I. D., Refractories for industrial units and furnaces, M.: Intermet Engineering (2000)

3. Salmash I.N., Smirnov A.N. Investigation of the stress state and strength of the steel pouring ladles lining. Metal and casting of Ukraine (2010, 9/10, 48-54)

4. Ochagova, I. G., Improving the lining of ladles for casting and after-furnace treatment. New refractories (2007, 3, 17-18).

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОБРАЗЦОВ НА ОСНОВЕ Al–ДОПИРОВАННОГО ИНДАТА БАРИЯ

Христова М.О.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: khhhristova@yandex.ru

ELECTRICAL PROPERTIES OF SAMPLES BASED ON Al-DOPED BARIUM INDATE

Khristova M.O.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The samples in the system (1-x)$Ba_2In_{1.57}Al_{0.43}O_5$ · xBa_2InAlO_5 were obtained by solid-phase method. The identification of their phase composition was carried out. It was found that samples are composites containing two phases. The electrical properties of the samples were investigated.

На сегодняшний день одним из важных направлений исследования современного материаловедения является поиск и разработка новых твердых электролитов для создания твердооксидных топливных элементов. Чаще всего для модифицирования известных электролитов с высокой кислородно-ионной и протонной проводимостью применяется два метода: гомогенное и гетерогенное допирование. В последнее время много внимания уделяется именно гетерогенному допированию, то есть созданию композитов. Ранее были исследованы образцы $Ba_2In_{2-y}Al_yO_5$ [1]. Установлено, что при замещении In на Al происходит стабилизация тетрагональной симметрии и увеличение проводимости почти на порядок величины. Однако область гомогенности образцов $Ba_2In_{2-y}Al_yO_5$ ограничивается значениями y=0.43. Гетерофазные образцы не были исследованы. При этом можно предполагать, что получение композиционных материалов на основе данного типа фаз позволит улучшить их функциональные характеристики.

В настоящей работе были получены и исследованы композиционные образцы в системе $Ba_2In_{1.57}Al_{0.43}O_5$-$Ba_2InAlO_5$.

Образцы были получены методом твердофазного синтеза из исходных компонентов $BaCO_3$, In_2O_3 и Al_2O_3, взятых в стехиометрических соотношениях. Методом рентгенофазового анализа (D8 Advance, Bruker, Германия) было установлено, что при x = 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 образцы представляют собой композиты, содержащие граничный твердый раствор $Ba_2In_{1.57}Al_{0.43}O_5$ и фазу Ba_2InAlO_5 в разных количественных соотношениях. Так, композиционную систему можно записать в следующем виде:

(1-x)$Ba_2In_{1.57}Al_{0.43}O_5$ • xBa_2InAlO_5, где x – это мольная доля добавки фазы Ba_2InAlO_5. Методом термогравиметрии установлено, что композиционные образцы способны внедрять H_2O.

Электрические свойства образцов были исследованы методом электрохимического импеданса Elins Z–1000P при частоте 50 Гц – 3 МГц, в интервале температур 200–900˚С, с варьированием влажности атмосферы. Показано, что обработка керамики выше температуры эвтектики приводит к увеличению общей электропроводности на 0.5 порядка величины в широком интервале температур. Таким образом, можно предполагать, что в данной системе проявляется композиционный эффект, который, вероятнее всего, обусловлен образованием особой микроструктуры в процессе обработки керамики выше температуры эвтектики.

1Спесивцева И.В., Кочетова Н.А., Горбунова Е.М., Анимица И.Е., Журнал физической химии, Т.85, №10, с. 1816 (2011)

ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ И КИСЛОРОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $La_{1.5}Sr_{0.5}Ni_{1-x}Mn_xO_{4\pm\delta}$ ($x\leq0.3$)

Хузягулов Э.Р.[1], Гилев А.Р.[1], Киселев Е.А.[1], Черепанов В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: eduard.huzyagulov@mail.ru

TOTAL CONDUCTIVITY AND OXYGEN PERMEATION IN $La_{1.5}Sr_{0.5}Ni_{1-X}Mn_XO_{4\pm\delta}$ ($X\leq0.3$) SOLID SOLUTIONS

Khuzyagulov E.R.[1], Gilev A.R.[1], Kiselev E.A.[1], Cherepanov V.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

$La_{1.5}Sr_{0.5}Ni_{1-x}Mn_xO_{4\pm\delta}$ ($x\leq0.3$) were synthesized by citrate-nitrate technique and prepared as gas- tight ceramic membranes. Total conductivity, thermo-emf coefficients and oxygen permeation of $La_{1.5}Sr_{0.5}Ni_{1-x}Mn_xO_{4\pm\delta}$ ($x\leq0.3$) were studied at high temperatures in air.

Целью настоящей работы являлось исследование общей электропроводности, коэффициентов термо-эдс и кислородопроницаемости газоплотных керамических мембран $La_{1.5}Sr_{0.5}Ni_{1-x}Mn_xO_{4\pm\delta}$ (с x=0.0, 0.1, 0.2, 0.3 и 0.4).

Синтез образцов осуществляли по цитратно-нитратной технологии. В качестве исходных веществ использовали La_2O_3 (ЛаО-Д), $SrCO_3$ (ос.ч.), $Ni(CH_3COO)_2\times4H_2O$ (х.ч.) и MnO_2 (99%.). Исходные вещества, взятые в необходимых стехиометрических количествах, растворяли в разбавленной азотной кислоте (ос.ч.), с добавлением избытка моногидрата лимонной кислоты (х.ч.) Получившийся цитратно-нитратный раствор упаривали на электрической плитке при температуре 300-350°С и разлагали до образования сухого порошка. Для удаления остатков органических веществ и углерода полученный порошок медленно нагревали со скоростью 100 ºС/час и отжигали при 1000ºС в течение 1 часа. Затем

образец подвергали серии отжигов при температуре 1100ºС в течении 100 часов с промежуточными перетираниями в агатовой ступке через каждые 20 часов термообработки. Далее порошки одноосно прессовали в виде таблеток и брусков при давлении 15-20 атм и спекали при 1350°С в течении 20 часов на воздухе. Плотность полученных керамических образцов относительно рентгенографической составляла > 95%.

Фазовый состав исследуемых образцов определяли по результатам рентгенофазового анализа (РФА) в программе Match с использованием базы данных ICDD PDF-2 и COD.. Съёмку образцов выполняли на дифрактометре XRD -7000 Maxima (Shimadzu) с использованием Cu-K_α излучения. Параметры элементарных ячеек и кристаллической структуры (координаты атомов и длины связей) синтезированных фаз были уточнены методом Ритвелда с помощью программы «FullProf»

Измерение общей электропроводности и коэффициентов термо-эдс выполняли четырёхзондовым методом на постоянном токе в интервале температур 20-1000°С на воздухе.

Кислородопроницаемость образцов исследовали путем измерения кислородного потока через керамические газоплотные мембраны с различной толщиной (d=0.8 и 1.2 мм) в зависимости от градиента парциального давления кислорода в интервале температур 800-1000°С в стационарном режиме.

По результатам РФА образцы $La_{1.5}Sr_{0.5}Ni_{1-x}Mn_xO_{4\pm\delta}$ с x=0.0, 0.1, 0.2, 0.3 после спекания при 1350°С на воздухе получились однофазными и обладали тетрагональной структурой типа K_2NiF_4 (пр. гр. I4/mmm). Образец с x=0.4 помимо основной тетрагональной фазы содержал оксид лантана и сложный оксид $La_{1-x}Sr_xNi_{1-y}Mn_yO_{3\pm\delta}$ со структурой перовскита.

Значения общей электропроводности образцов уменьшаются, коэффициентов термо-эдс возрастают, а кислородопроницаемости практически не изменяются с увеличением содержания марганца (x) в $La_{1.5}Sr_{0.5}Ni_{1-x}Mn_xO_{4\pm\delta}$. Температурные зависимости общей электропроводности носят активационный характер, что указывает на преимущественно прыжковый механизм электропроводности. Рассчитанные значения кислород-ионной проводимости по данным кислородопроницаемости на 3-4 порядка ниже общей электропроводности.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 19-03-00753 А)

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ ОБЩЕГО СОСТАВА $Sr_{4-r}Ln_rFe_3O_{10-d}$ (Ln=Sm, Gd)

Хвостова Л.В.[1], Волкова Н.Е.[1], Черепанов В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: lada.zubatkina@yandex.ru

PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF COMPLEX OXIDES OF GENERAL COMPOSITION $Sr_{4-r}Ln_rFe_3O_{10-d}$ (Ln=Sm, Gd)

Khvostova L.V.[1], Volkova N.E.[1], Cherepanov V.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Single phase $Sr_{4-r}Ln_rFe_3O_{10-d}$ (Ln=Sm, Gd) solid solutions were obtained at 1100°C in air when r=0.9 for Sm and 0.8 for Gd (tetragonal structure, sp.gr. I/4mmm).

Альтернативная энергетика – это перспективное направление развития науки. Значимую часть в развитии занимают твердооксидные топливные элементы. Топливный элемент состоит из катода, анода и электролита.

Перспективным катодным материалом являются сложные оксиды со структурой Радлесденна Поппера. Для эксплуатации этих соединений необходимо знать условия их получения, границы существования, кристаллическую структуру, на формирование которой существенное влияние оказывает содержание кислорода [1].

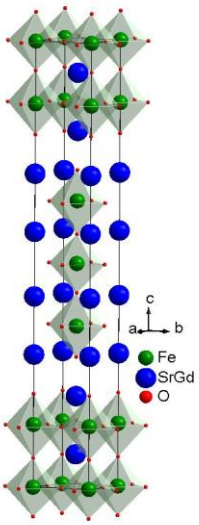


Рис. 1. Кристаллическая структура $Sr_{3.2}Gd_{0.8}Fe_3O_{10-d}$

Синтез образцов был проведен по глицерин-нитратной технологии. Фазовый состав полученных оксидов контролировали рентгенографически. Определение параметров элементарных ячеек осуществляли с использованием программы

«CelRef 4.0», уточнение – методом полнопрофильного анализа Ритвелда в программе «FullProf 2008».

Отжигом образцов общего состава $Sr_{4-r}Ln_rFe_3O_{10-d}$ полученных по глицерин-нитратной технологии, показано, что при 1100ºС на воздухе образуется единственный оксид с r = 0.9 (Ln = Sm), r = 0.8 (Ln = Gd), кристаллизирующийся в тетрагональной ячейке пр. гр. I4/mmm.

Были изучены физико-химические свойства данных соединений. Четырех контактным методом была измерена электропроводность. Значения коэффициентов термического расширения были рассчитаны из дилатометрических данных.

1. Pelloquin D., Hadermann J.,Giot M. , Chem. Mater., 16, 1715-1724, (2004)

ПОЛУЧЕНИЕ И АТТЕСТАЦИЯ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ $Bi(Fe,Nb)VO_x$

Кочергина Д. Э.[1], Крылов А. А.[1], Буянова Е. С.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: da192210@gmail.com

RECEIPT AND CERTIFICATION OF COMPOSITES BASED ON $Bi(Fe,Nb)VO_x$

Kochergina D. E.[1], Krylov A. A.[1], Buyanova E. S.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The study of the conductive characteristics based on $Bi4V_{2-x}Fe_{x/2}Nb_{x/2}O_{11-\delta}$, x=0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5 using as a composite additive nano-Bi_2O_3 and nano-Fe_2O_3.

В последние годы наблюдается постоянный интерес к получению электрической энергии с помощью альтернативных источников тока. В частности, особое внимание уделяется твердооксидным топливным элементам (ТОТЭ) в связи с высокой эффективностью преобразования ими химической энергии в электрическую.

Одними из важнейших компонентов ТОТЭ являются материалы с высокой кислородно-ионной проводимостью. Их интенсивный поиск позволил обнаружить такие соединения, как ванадат висмута состава $Bi_4V_2O_{11}$ и твердые растворы на его основе $Bi_4V_{2-x}Me_xO_{11-\delta}$, получившие общее название BIMEVOX. Замещающие катионы могут формировать твердые растворы со всеми возможными типами структуры. Соединение $Bi_4V_2O_{11}$ существует в нескольких полиморфных модификациях - α, β и γ. Наибольшее разупорядочение кислородной подрешетки характерно для высокотемпературной γ-модификации, где все атомы кислорода в ванадиевом октаэдре разупорядочены и включены в диффузионные процессы,

что ведет к наибольшей кислородно-ионной проводимости и наименьшей энергии активации.

Для увеличения электропроводности в BIMEVOX добавляют наполнители и получают композиты, где исходный сложный оксид является структурообразующей твердой фазой, называемой матрицей или основой. Наполнителями, помимо электрических свойств, можно изменять температурные, механические и другие свойства.

Твердофазным методом синтеза путем ступенчатых отжигов в интервале температур от 673 К до 1073 К получены твердые растворы следующих составов: $Bi_4V_{2-x}Fe_{x/2}Nb_{x/2}O_{11-\delta}$, x=0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5. В качестве исходных соединений взяты оксиды Bi_2O_3, V_2O_5, Fe_2O_3, Nb_2O_5. Аттестация полученных порошкообразных образцов проведена при помощи рентгенофазового анализа (дифрактометр ДРОН-3, Cu K_α- излучение). Все составы однофазны, примеси отсутствуют. Образцы кристаллизуются в тетрагональной установке с пространственной группой I4/mmm и в орторомбической с пространственной группой Pnnn. Рассчитаны параметры элементарной ячейки соединений. На основе матриц были синтезированы композитные материалы с добавлением нано-Bi_2O_3 и нано-Fe_2O_3. Их количество составило 0.5, 5, 10, 15, 20 % от массы композита.

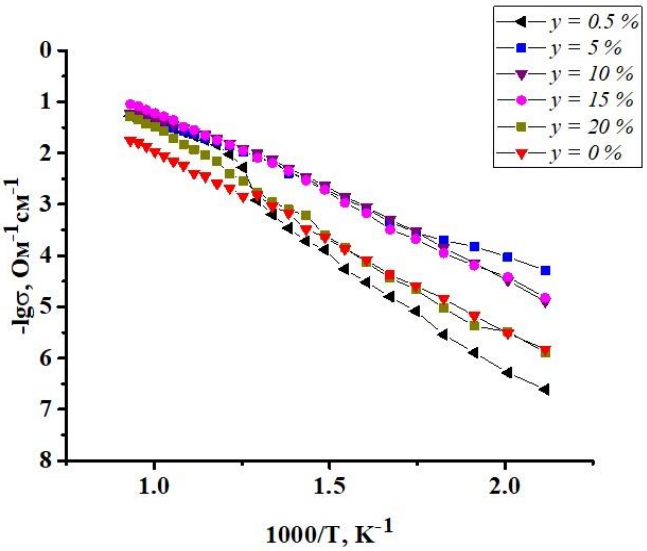


Рис. 1. Температурная зависимость общей электропроводности $Bi_4V_{1.7}Fe_{0.15}Nb_{0.15}O_{11-\delta}/yBi_2O_3$

Электропроводность полученных твердых растворов измерена в зависимости от термодинамических параметров среды методом импедансной спектроскопии. Электропроводность образцов как функция температуры исследована в диапазоне температур от 1073 К до 473 К в режиме охлаждения. По данным импедансной спектроскопии построены температурные зависимости общей проводимости образцов. По наклону зависимостей проведена оценка электрофизических характеристик проводимости. По полученным данным можно заметить, что при введении нанооксида висмута в качестве композитной добавки наблюдается

увеличение проводимости вплоть до концентрации 15 масс. %, исключением является y=0.5 масс. %. Композит с добавкой 20 масс. % показал рост проводимости при высоких температурах, до температуры 700 К, где проводимость композита и матричного соединения практически сравниваются.

1. Aurivillius B. Mixed bismuth oxides with layer lattices // Ark. Kemi. − 1949. − V. 1, № 54. − P. 463–480.

ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ В БИОСОВМЕСТИМЫХ СПЛАВАХ Ti-39Nb-5Zr, Ti-39Nb-5Zr-2Sn, Ti-39Nb-5Zr-2Sn-2Ta ПРИ ДЕФОРМАЦИОННОМ И ТЕРМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Коренев А.А.[1], Гриб С.В.[1], Илларионов А.Г.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: aleksandrkorenev1996@gmail.com

EVOLUTION OF STRUCTURE AND PROPERTIES IN BIOCOMPATIBLE ALLOYS Ti-39Nb-5Zr, Ti-39Nb-5Zr-2Sn, Ti-39Nb-5Zr-2Sn-2Ta UNDER DEFORMATION AND THERMAL EFFECTS

Korenev A.A.[1], Grib S.V.[1], Illarionov A.G.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The paper studies the evolution of the structure, of the phase composition, microhardness, contact modulus of elasticity after quenching, further multi-pass cold rolling with a total degree of 85% of the hot-deformed rods from alloys (wt.%) Ti-39Nb-5Zr, Ti-39Nb-5Zr-2Sn, Ti-39Nb-5Zr-2Sn-2Ta.

Сплавы системы Ti-Nb-Zr на основе β-твердого раствора титана перспективны в качестве биомеханически совместимых материалов для получения медицинских имплантатов, благодаря биологической инертности входящих в эти сплавы компонентов и возможности получения в процессе их обработки (закалки, холодной деформации и др.) низкого модуля упругости, приближающегося к модулю упругости кости. Дополнительными легирующими элементами в сплавах данной системы могут выступать биологически инертные олово и тантал [1]. В работе изучена эволюция структуры фазового состава, микротвердости, контактного модуля упругости после закалки, дальнейшей многопроходной холодной прокатки с суммарной степенью 85% исходно горячедеформированных в бета-области прутков из сплавов состава (мас.%) Ti-39Nb-5Zr (сплав 1), Ti-39Nb-5Zr-2Sn (сплав 2), Ti-39Nb-5Zr-2Sn-2Ta (сплав 3).

Установлено, что в горячедеформированных сплавах 1-3 фиксируется одна β-фаза, в большинстве β-зерен направление <110> параллельно оси прутка, а

период решетки a_β минимален в сплаве 1 (0,3298 нм) и максимален в сплаве 2 (0,3305 нм). В структуре сплавов 1-3 β-зерна имеют сложную, вихреобразную форму в поперечном сечении и вытянутую в продольном сечении прутка. В теле β-зерна фиксируется повышенная плотность дислокаций. Измеренные методом индентирования в поперечном сечении прутков микротвердость, контактный модуль упругости лежат в пределах 210…225 HV, 66,5…73,5 ГПа соответственно и имеют тенденцию к повышению при легировании сплава 1 оловом и танталом (сплавы 2,3).

Закалка из β-области с 700 ºС в воду способствует в сплавах 1-3 развитию рекристаллизации в β-матрице с формированием равноосных с пониженной плотностью дислокаций β-зерен, средний размер которых уменьшается от сплава 1 к сплавам 2,3. В сплавах фиксируется наличие аксиальной текстуры (преимущественно направление <110> и частично <112> в большинстве зерен параллельно оси прутка). Период решетки a_β после закалки растет от сплава 1 (0,3294 нм) к сплаву 3 (0,3297 нм). Фиксируемые по сравнению с горячедеформированным состоянием структурно-текстурные изменения способствуют в целом снижению микротвердости до 190…205 HV и контактного модуля упругости до 65…71 ГПа сплавов 1-3, но с тенденцией к росту от сплава 1 к 3.

После холодной прокатки в сплавах 1-3 фиксируется сильно вытянутая вдоль направления прокатки, фрагментированная, ячеистая с большим количеством дислокаций структура бета-твердого раствора, имеющего рассеянную текстуру прокатки {001}<110>. В холоднокатаном состоянии сплавы 1-3 имеют сопоставимые значения микротвердости (245…250 HV) и контактного модуля упругости (67…70 ГПа).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-13-00220).

1. D. Banerjee and J. C. Williams. Acta Materialia. 61, Iss 3. 844–879 (2013).

ПОЛУЧЕНИЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДА $PtAl_2$ МЕТОДОМ КРУЧЕНИЯ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

Кошевой П.С.[2], Волков А.Ю.[1]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: koshevoy@imp.uran.ru

THE FORMATION OF THE $PtAl_2$ ALLOY BY USING HIGH-PRESSURE TORSION METHOD

Koshevoy P.S.[2], Volkov A.Yu.[1]

[1)] Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

The mechanical alloying of Pt – Al mixtures is studied by using high-pressure torsion deformation at room temperature. X-ray diffractometry and scanning microscopy are used to study the sequence of structural changes in the course of deforming the mixtures.

Соединение $PtAl_2$ имеет структуру типа фторида кальция CaF_2. Соединение образуется по перитектической реакции при температуре 1406°C. Имеет область гомогенности 32÷33 ат.% платины.

Такой же структурой обладает соединение $AuAl_2$, которое формируется при температуре около 1060°C в очень узком интервале концентраций [1].

Интерес к интерметаллиду $AuAl_2$ обусловлен возможностью его использования в промышленности в качестве сенсорных датчиков, спектрально чувствительного поглотителя солнечного излучения, прекурсора для изготовления золотых катализаторов с оптимальным размером пор и т.д [2].

Не меньший интерес представляет соединение $PtAl_2$. Структура типа фторида кальция CaF_2 обуславливает повышенные прочностные характеристики вещества. Платина используется в электротехнике, так как ее соединения обладают повышенной стойкостью к коррозии и износостойкостью, низким температурным коэффициентом электрического сопротивления, малой термоЭДС в паре с медью. В связи с этим имеет смысл получение соединений на основе платины, обладающих повышенными прочностными свойствами.

Использование наноразмерных порошков золота позволяет достаточно легко синтезировать интерметаллическое соединение $AuAl_2$ путем его помола с алюминиевым порошком в шаровых мельницах. Однако компактирование продуктов помола не приводит к получению массивных образцов удовлетворительного качества [2].

Выявлено методом электронной микроскопии, что компактированный образец после прессования и термообработки находится в субмикро- и нанокристаллическом состояниях. Кроме фазы Al2Au в образце присутствуют фазы AlAu, $AlAu_4$, Al_2O_3 [1].

В связи с этим для получения интерметаллида PtAl2 предложено использование методики кручения под высоким давлением.

1. Волкова Е.Г. Структура интерметаллида Al_2Au, полученного методом механосинтеза / Волкова Е.Г., Волков А.Ю., Антонов Б.Д., Физика металлов и металловедение, том 119, №7, с.693 - 702, 2018

2. Волков А.Ю. Синтез интерметаллида $AuAl_2$ из наноразмерных порошков золота и алюминия / Волков А.Ю., Уймин М.А., Мысик А.А., Новожонов В.И., Волкова Е.Г., Щеголева Н.Н., Князев Ю.В., Козлов К.А, Неорганические материалы, том 47, №5, с.528 - 534, 2011

ФОРМИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ АЛЮМИНИДОВ В СИСТЕМЕ Al-Cu-Ti-Hf

Котенков П.В.[1, 2], Гилев И.О.[1], Попова Э.А.[1], Быков А.С.[1], Шубин А.Б.[1]

[1)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия.
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия.
E-mail: p.kotenkoff@yandex.ru

FORMATION OF COMPLEX ALUMINIDES IN THE Al-Cu-Ti-Hf SYSTEM

Kotenkov P.V.[1, 2], Gilev I.O.[1], Popova E.A.[1], Bykov A.S.[1], Shubin A.B.[1]

[1)] Institute of Metallurgy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Physico-chemical and structural features, morphology, the composition of the synthesized complex aluminides in the Al-Cu-Ti-Hf system were studied using electron scanning and optical microscopy, DSC, x-ray phase and x-ray crystallography analysis, as well as using electron microprobe analyzer.

Разработка новых многофункциональных и конструкционных материалов, обладающих комплексом улучшенных эксплуатационных свойств (низкая плотность, повышенные коррозионная и термическая стойкость) является актуальной проблемой современной науки о материалах. Одним из решений задачи получения конструкционных материалов с пониженной плотностью и способных работать при повышенных температурах, могут стать сплавы на основе сложных алюминидов (растворов), имеющих кубическую решетку.

В системах алюминий-переходный металл (ПМ) образуются триалюминиды имеющие низкую плотность, высокую температуру плавления и резистивность к окислению, но пониженную пластичность. Повысить пластичность возможно за счет получения алюминидов с кубической решеткой вместо тетрагональной. При равновесных условиях кристаллизации ПМ (Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta) образуют с алюминием триалюминиды только с тетрагональной решеткой, однако при неравновесных условиях кристаллизации возможно образование кубической решетки структурного типа L12 [1-2]. Нами в работах [3-4] было показано, что область существования алюминидов с кубической решеткой увеличивается при переходе от двойной системы Al-ПМ к тройной Al-ПМ1-ПМ2, а условия синтеза становятся менее экстремальными. Авторы работ [5-6] синтезировали триалюминиды методом механического легирования и показали возможность стабилизации кубической решетки Cr, Fe, Ni, Cu. Максимальная температура существования кубической решетки была получена путем замещения алюминия в алюминидах медью.

Работа заключалась в изучении условий формирования комплексных алюминидов типа $(AlCu)_3(Ti_xHf_{1-x})$ с кубической решеткой. Синтез сплавов проводили в вакуумной электродуговой печи путем сплавления чистых металлов (5 переплавов). Методами оптической и сканирующей микроскопией, рентгенофазовым и рентгеноструктурным, дифференциально сканирующей калориметрией были изучены данные сплавы. Первая серия сплавов характеризовалась наличием двух интерметаллидных фаз $(AlCu)_3(TiHf)$ с кубической и $(AlCuTi)_3Hf$ с неидентифицированной решеткой. При учете данных работы [7] и по составу данных фаз были синтезированы сплавы с однофазной структурой, имеющей кубическую решетку. Состав сплава соответствовал интерметаллиду $(Al_{0.86}Cu_{0.14})_3(Ti_{0.65}Hf_{0.35})$, в котором медь замещает до 14 ат.% алюминия в алюминиде. Данные ДСК показали высокую термическую стабильность данной метастабильной фазы до температур 950°С.

Впервые показана возможность синтеза однофазного интерметаллидного сплава Al-Cu-Ti-Hf с кубической решеткой методом прямого сплавления без использования механического легирования. Комплексный метастабильный интерметаллид образуется при атомном соотношении Ti/Hf =2, скорости охлаждения не менее $1\text{-}2*10^{-2}$ градус/с и замещением алюминия медью не более 14%.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМЕТ УрО РАН с использованием оборудования ЦКП «Урал-М».

1. P.Yu, M.Yana, D.Tomus, et.al. Materials Characterization. 43-49, 143, (2018).
2. Brodova, I.G., Polents, et. al. Fizika Metallov i Metallovedenie. 84-89, 1, (1992).
3. Popova, E., Kotenkov, P., et. al. RJ of Non-Ferrous Metals. 639-643, 58(6), (2017).
4. Popova E. A., Shubin A. B., et. al. Russian metallurgy. 357-361. 5. (2012).
5. T. Gao, X. Liu. J. Mater. Sci. Technol., 291, 29(3), (2013).
6. S. H. Lee, K. I. Moon. et al. Intermetallics. 1, 14, (2006).
7. Popova E., Kotenkov P., Shubin A. Tsvetnye Metally. 65-70, 11, (2017).

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОРРОЗИИ СТАЛИ ЭП-823Ш В СВИНЦЕ

Козлова А.А.[1, 2], Голосов О.А.[1], Кузина Т.Л.[1]

[1)] Акционерное общество Институт реакторных материалов, г. Заречный, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: anastasiya.kozlova.1997@inbox.ru

NON-DESTRUCTIVE METHOD FOR DETERMINATION EP-823SH STEEL CORROSION INDICATORS IN LEAD

Kozlova A.A.[1, 2], Golosov O.A.[1], Kuzina T.L.[1]

[1)] Joint Stock Company Research Institute of Nuclear Materials, Zarechny, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The paper presents the test results for a non-destructive method for determining corrosion indicators. The method allows to determine the corrosion losses, the average depth of corrosion, the thickness of the oxide film and the removal of corrosion products into the environment.

В статье представлены результаты испытаний неразрушающего метода определения показателей коррозии. Метод позволяет определить коррозионные потери, среднюю глубину коррозии, толщину оксидной пленки и удаление продуктов коррозии в окружающую среду.

Для оценки работоспособности материалов первого контура РУ БРЕСТ-ОД-300 и накопления их продуктов коррозии в объеме жидкометаллического теплоносителя необходимы данные о коррозионном поведении этих материалов. Исследования коррозии, проведенные ранее и в настоящее время в сталях из свинца, в основном основаны на определении толщины оксидной пленки, образующейся на поверхности сталей, в зависимости от температуры, времени, содержания кислорода в свинце и элементного состава сталей. Толщина оксидной пленки, образованной на поверхности сталей, не полностью характеризует коррозионное поведение сталей в свинце. Это связано с тем, что при испытаниях сталей в свинце наряду с процессами образования оксидной пленки на поверхности сталей происходят процессы их растворения и выкрашивания. Поэтому данные о глубине коррозии занижены, и удаление продуктов коррозии в окружающую среду, как правило, не является определяемым значением.

В статье представлены результаты экспериментальной проверки неразрушающего метода определения основных показателей коррозии сталей в свинце, таких как коррозионные потери, средняя глубина коррозии, толщина оксидной

пленки и удаление продуктов коррозии в агрессивную среду. Метод основан на определении массы и плотности образцов до и после коррозионных испытаний [1]. Метод применен на образцах ферритно-мартенситной стали ЭП-823Ш, подвергнутых коррозионным испытаниям в течение 895 часов при 490 ± 10 ° С в свинце с содержанием кислорода ~ (0,7-1,6) • 10^{-6} мас.%. Показано, что метод позволяет определять показатели коррозии стали не только на образцах, испытываемых в условиях вне облучения, но и в условиях облучения реактора до флюенса (3,6-4,0) • 10^{20} н / $см^2$.

1. Голосов О.А. Способ определения показателей жаростойкости материалов// Новые промышленные технологии, вып. 1(300), с. 24-26, (2001).

2. Окунев В.С. Комплексный сравнительный анализ использования жидких металлов и их сплавов для охлаждения быстрых реакторов // Сб. докладов 3-й МНТК «Инновационные проекты и технологии ядерной энергетики». - М.: ОАО «НИКИЭТ», т.1, с. 325-338, (2014)

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В КВАЗИЧЕТВЕРНОЙ СИСТЕМЕ “$La_2FeO_{4.5}$” – “Ca_2FeO_4” – “Ca_2NiO_3” – La_2NiO_4 ПРИ 1373 К НА ВОЗДУХЕ

Кудашева Е.В.[1], Суханов К.С.[1], Гилев А.Р.[1], Киселев Е.А.[1], Черепанов В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: kudasheva.97@mail.ru

PHASE RELATIONS IN QUASI-QUATERNARY “$La_2FeO_{4.5}$” – “Ca_2FeO_4” – “Ca_2NiO_3” – La_2NiO_4 SYSTEM AT 1373 K IN AIR

Kudasheva E.V.[1], Sukhanov K.S.[1], Gilev A.R.[1], Kiselev E. A.[1], Cherepanov V.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Phase boundaries of the $La_{2-x}Ca_xNi_{1-y}Fe_yO_{4+\delta}$ solid solutions were constructed on the isobaric –isothermal “$La_2FeO_{4.5}$” – “Ca_2FeO_4” – “Ca_2NiO_3” – La_2NiO_4 cross section at 1373 K in air. Crystal structure parameters were refined by the Rietveld method for all single-phase $La_{2-x}Ca_xNi_{1-y}Fe_yO_{4+\delta}$ samples

В настоящее время сложные оксиды $A_2BO_{4\pm\delta}$ (где А – РЗЭ и/или ЩЗМ, В – 3d-переходный металл), построенные по структурному типу K_2NiF_4, находят потенциальное применение в качестве катодных материалов для твёрдооксидных топливных элементов ТОТЭ, в качестве катализаторов различных ОВР и мембран для конверсии природного газа.

Целью настоящей работы являлось исследование области существования твёрдых растворов $La_{2-x}Ca_xNi_{1-y}Fe_yO_{4\pm\delta}$ (при $x \geq 0.6$) со структурой типа K_2NiF_4 и фазовых равновесий в смежных фазовых полях изобарно-изотермического

сечения “$La_2FeO_{4.5}$” – “Ca_2FeO_4” – “Ca_2NiO_3” – La_2NiO_4 (см. рисунок) диаграммы состояния квазичетвертной системы ½La_2O_3 – CaO – ½Fe_2O_3 – NiO при 1373 К на воздухе.

Образцы сложных оксидов $La_{2-x}Ca_xNi_{1-y}Fe_yO_{4+\delta}$ были синтезированы по цитратно-нитратной технологии. В качестве исходных веществ были взяты следующие реактивы: $CaCO_3$ (ч.д.а.), La_2O_3 (ЛаО-Д), $Ni(CH_3COO)_2\times4H2O$ (х.ч.), $FeC_2O_4\times2H_2O$ (х.ч.) и моногидрат лимонной кислоты (х.ч.) Образцы в виде порошков отжигали при 1100°С на воздухе в течение 20 часов от 5 до 8 раз с промежуточными перетираниями после каждого отжига.

Фазовый состав исследуемых образцов определяли по результатам рентгенофазового анализа (РФА) в программе Match с использованием базы данных ICDD PDF-2 и COD. Съёмку образцов осуществляли на порошковом рентгеновском дифрактометре XRD-7000 Maxima (Shimadzu) с использованием Cu-K_α излучения в интервале углов $10 \leq 2\Theta, ° \leq 90$ с шагом 0,04° и с экспозицией 2-5 секунды в каждой точке. Параметры элементарных ячеек и кристаллической структуры (координаты атомов и длины связей) обнаруженных фаз были уточнены методом Ритвелда с помощью программы «FullProf».

По результатам РФА и данным работ [1-4] исследуемое сечение было разбито на следующие области: I (ограничивается красной заштрихованной линией) – твёрдые растворы $La_{2-x}Ca_xNi_{1-y}Fe_yO_{4+\delta}$, пр. гр. I4/mmm; II содержит в равновесии соответственно 4 твёрдых раствора фиксированного состава: тетрагональный $La_{2-x}Ca_xNi_{1-y}Fe_yO_{4+\delta}$ (x,y=const), орторомбический $La_{1-x}Ca_xNi_{1-y}Fe_yO_3$ (x,y=const) и два кубических $Ni_{1-x-y}Fe_xCa_yO$ (x,y=const) и $Ca_{1-x}Ni_xO$ (x=const); III является трехфазной, содержит в равновесии твёрдый раствор со структурой типа K_2NiF_4 переменного состава $La_{2-x}Ca_xNi_{1-y}Fe_yO_{4+\delta}$ и две кубические фазы на основе оксида никеля $Ni_{1-y}Ca_yO$ и оксида кальция $Ca_{1-x}Ni_xO$. Самую большую область, которая располагается в верхней левой части исследуемого разреза, не удалось разбить на фазовые поля в связи с тем, что положение максимальных дифракционных пиков от возможных примесных фаз: $La_4Ni_{2,1}Fe_{0,9}O_{10}$, R-$LaNi_{1-x}Fe_xO_3$ и O-$LaFe_{1-x}Ni_xO_3$ практически одинаковые ≈ 2,75±0,02 Å, а содержание этих фаз вблизи области гомогенности мало. Для большинства образцов из этой области в качестве примесей были определены орторомбически искажённая фаза O-$LaFe_{1-x}Ni_xO_3$ со структурой перовскита, оксид лантана и оксид кальция наряду с основной тетрагональной фазой $La_{2-x}Ca_xNi_{1-y}Fe_yO_{4+\delta}$.

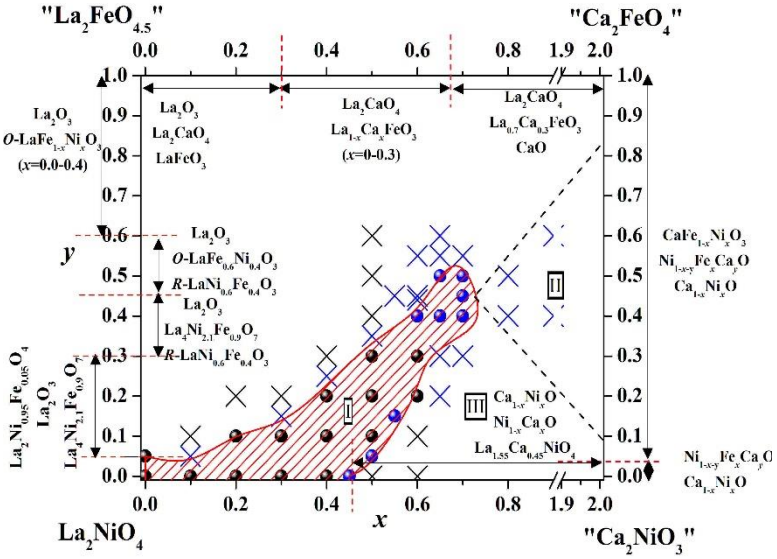


Рис. 1. Изобарно-изотермический разрез диаграммы состояния квазичетверной системы “$La_2FeO_{4.5}$” – “Ca_2FeO_4” – “Ca_2NiO_3” – La_2NiO_4 при 1373 К на воздухе

1. Gilev A. R., Kiselev E. A., Zakharov D. M., Cherepanov V.A., J. Alloy. Compd., 753, 491,(2018)
2. Kiselev E. A., Proskurnina N. V., Voronin V. I., Cherepanov V. A., Inorg. Mater., 43, 167, (2007)
3. Gavrilova L. Ya., Aksenova T. V., Cherepanov V. A., Russ. J. Inorg. Chem., 53, 6, 953, (2008)
4. Ruiwen Q., Yingxia W., Jianhua L., Chin. J. Rare Earths, 1, 256, (2003)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОСАЖДЕНИЯ НА ФОРМУ И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЧАСТИЦ ГИДРОКСИДОВ И ОКСИДОВ ХРОМА

Курасова Ю.Д.[1], Жиренкина Н.В.[1], Машковцев М.А.[1], Карташов В.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: yulchig.97@live.com

INFLUENCE OF PRECIPITATION PARAMETERS ON GRANULOMETRIC COMPOSITION AND SHAPE OF CHROMIUM HYDROXIDE AND OXIDE PARTICLES

Kurasova Y.D.[1], Zhirenkina N.V.[1], Mashkovtcev M.A.[1], Kartashov V.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia.

Chromium hydroxides powder was obtained by precipitation. The effect of the rate of supply of a solution of chromium sulfate, the rate of mixing of the reaction volume, and the addition of salts to the reaction volume was investigated.

Оксид хрома находит широкое применение в промышленности, в том числе для создания антифрикционных, коррозионностойких, теплозащитных покрытий [1]. Основным способом формирования таких покрытий является газотермическое напыление. К порошкам, применяемым для создания покрытий, предъявляются следующие требования – узкофракционный размер частиц 20-60 мкм, текучесть, сферическая форма. Широко распространенным методом получения порошков является осаждение [2]. Одним из преимуществ этого метода является возможность создания порошков с требуемыми свойствами путем варьирования параметров осаждения.

Гидроксид хрома (III) получали методом осаждения, для этого использовали раствор сульфата хрома 0,1М и водный раствор аммиака. Осаждение вели путем дозирования кислого раствора хрома и водного раствора аммиака в общий объем реактора при контролировании значения pH. Затем полученную суспензию подвергали фильтрации и термической обработке при 80°С, последующий обжиг проводили при 700°С.

При осаждении варьировали такие параметры как скорость подачи раствора сульфата хрома, скорость перемешивания реакционного объема и добавление солей в реакционный объем. При снижении скорости подачи раствора сульфата хрома, наблюдался рост частиц гидроксидов хрома до 26,8 мкм, при этом снижалась дисперсия размеров. Последующий обжиг приводил к частичному разрушению агрегатов – появлялась фракция мелких частиц, а также происходило изменение формы частиц – значительно снижалась сферичность оксидов хрома. Исследование скорости перемешивания реакционного объема в процессе осаждения показало, что уменьшение скорости перемешивания приводит к росту частиц гидроксидов до 24 мкм околосферичной формы, но при дальнейшем обжиге происходит разрушение агрегатов – размер частиц резко снижается до 5 мкм.

Увеличение скорости перемешивания приводит к снижению размеров частиц гидроксидов хрома до 20,5 мкм, при этом снижалась дисперсия размеров. Интересно, что после обжига сохранялась околосферичная форма частиц, размер и дисперсия частиц уменьшались незначительно. Для создания солевого фона, в реакционный объем добавили сульфат аммония, что увеличило скорость роста частиц, до 29 мкм, но увеличилось значение дисперсии размеров. В процессе обжига произошла частичная дезагрегация частиц.

Можно предположить, что увеличение концентрации сульфат-ионов приводит к адсорбции сульфат-ионов на поверхности частиц, что позволяет зародышам агрегировать в более крупные частицы гидроксидов хрома в процессе осаждения. Увеличение скорости перемешивания реакционного объема приводит к увеличению вероятности сталкивания частиц а, следовательно, к коллизионному росту, благодаря чему в агрегатах образуются более прочные связи, частицы гидроксидов хрома плотнее и меньше подвержены разрушению в процессе обжига

1. V. S. Jaswal, A. K. Arora et al, Oriental Journal Of Chemistry, 30, 559 (2014).

2. Zhenzhao Pei, Xianlong Zheng et al, Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 16, 4658 (2016).

ФОТОКАТАЛИЗАТОРЫ 1% Pt/$Cd_{0.6}Zn_{0.4}S$/ZnS ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ РАСТВОРОВ КОМПОНЕНТОВ БИОМАССЫ

Куренкова А.Ю.[1], Козлова Е.А.[1, 2]

[1)] Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск, Россия
[2)] Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, г. Новосибирск, Россия
E-mail: kurenkova@catalysis.ru

1% Pt/$Cd_{0.6}Zn_{0.4}S$/ZnS PHOTOCATALYSTS FOR HYDROGEN EVOLUTION FROM THE BIOMASS CONSTITUENT SOLUTIONS

Kurenkova A.Yu.[1], Kozlova E.A.[1, 2]

[1)] Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, Novosibirsk, Russia
[2)] Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

The hydrothermal treatment of solid sulfide solution has been used to obtain a series of high-activity photocatalysts. The synthesized samples were characterized by XRD technique. The change of crystal structure, average crystalline size and material composition have been shown.

Преобразование солнечной энергии вызывает большой интерес исследователей по всему миру, что подтверждается ростом публикаций по данной тематике [1]. Одним из способов преобразования солнечной энергии является фотокаталитическое выделение водорода с использованием компонентов биомассы в качестве субстрата под действием видимого излучения. В качестве фотокатализаторов используют материалы на основе CdS, поскольку данное соединение обладает подходящей зонной структурой для проведения целевого процесса.

Целью работы является создание активных фотокатализаторов на основе твердого раствора сульфидов кадмия и цинка и изучение влияние основных физико-химических характеристик на активность образца. В данной работе была получена серия образцов $Cd_{1-x}Zn_xS$ методом соосаждения растворов солей кадмия и цинка с последующей гидротермальной обработкой в автоклаве в диапазоне температур 80-160 °C. На полученные образцы были нанесены частицы платины методом восстановления металла из раствора H_2PtCl_6 раствором боргидрида натрия.

Полученные фотокатализаторы были охарактеризованы физико-химическими методами. По данным рентгенофазового анализа было установлено, что с ростом температуры обработки изменяется состав катализатора: при температурах 80 – 140 °C, помимо твёрдого раствора сульфидов кадмия и цинка, наблюдается фаза ZnS, а при температуре обработки 160 °C – фаза ZnO, при этом состав твёрдого раствора изменяется от $Cd_{0.3}Zn_{0.7}S$ к $Cd_{0.6}Zn_{0.4}S$. Кроме того, изменяется

структура твёрдого раствора. Структура свежеприготовленного фотокатализатора представлена кубической и гексагональной решеткой; при росте температуры обработки происходит увеличение доли гексагональной структуры, и после гидротермальной обработки при 120 °C и выше твёрдый раствор представлен лишь гексагональной решеткой. С ростом температуры увеличивается и размер кристаллитов твёрдого раствора – от ~2 нм у свежеприготовленного до 8,6 нм у образца, обработанного при 160 °C.

Ранее в литературе было показано, что CdS, обладающий гексагональной решеткой, является более фотокаталитически активным, чем образец с кубической структурой [2]. Согласно теоретическим расчетам, переход от кубической решётки к гексагональной приводит к возникновению электрического поля внутри катализатора, что способствует эффективному разделению фотогенерированных зарядов и увеличивает активность фотокатализатора. Поскольку CdS и ZnS обладают схожими кристаллическими структурами, можно заключить, что вышеприведенные рассуждения справедливы и для твёрдых растворов $Cd_{1-x}Zn_xS$.

Активность синтезированных фотокатализаторов была исследована в реакции фотокаталитического выделения водорода из суспензии целлюлозы. Катализаторы, прошедшие гидротермальную обработку, показали более высокую активность, чем исходный образец. Наиболее высокая скорость выделения водорода была достигнута на образце, обработанном при 120 °C, что объясняется оптимальным сочетанием характеристик данного образца: размером кристаллитов и структурой твёрдого раствора.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-33-90110.

1. Kozlova E.A., Parmon V.N. Russ. Chem. Rev., 86, 870-906 (2017)

2. Zhang J., Wageh S., Al-Ghamdi A.A., Yu J. Appl. Catal. B: Environ., 192, 101-107 (2016)

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КАВИТАЦИИ И УЛЬТРАЗВУКА НА ТИТАНОВЫЙ СПЛАВ МЕТОДОМ ПОЗИТРОННОЙ АННИГИЛЯЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Капустин С. Н.[1], Кузив И. В.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия.
E-mail: i-kuziv@yandex.ru

STUDYING THE INFLUENCE OF CAVITATION AND ULTRASOUND ON A TITANIUM ALLOY BY POSITRON ANNIHILATION SPECTROSCOPY METHOD

Kapustin S. N.[1], Kuziv I. V.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

PAS spectroscopy is nowadays well recognized as a powerful tool of microstructure investigations of condensed matter. As a result of the experiments, data were obtained show the effect of cavitation on the occurrence of surface defects in a titanium alloy on various time characteristics.

Проведены исследования влияния кавитации на возникновение приповерхностных дефектов в титановом сплаве методом ПАС-спектроскопии.

В качестве материала исследования был выбран титановый сплав марки ТЛ-5, который применяют для изготовления сварных ответственных конструкций, работающих в морской воде и агрессивных средах. Сплав подвергался кавитационному воздействию на различных временах. Диагностика приповерхностных дефектов проводилась методами позитронно-аннигиляционной спектроскопии [1]. Позитронно-аннигиляционная спектроскопия – это неразрушающий метод обнаружения дефектов в твердых телах, таких как вакансии, кластеры вакансий, микропоры или дислокации [2, 3]. Первая часть эксперимента состояла в измерении времени жизни позитронов, вторая часть эксперимента состояла в исследовании образцов на пучке позитронов методом допплеровской спектроскопии.

В результате экспериментов были получены данные, показывающие влияние кавитационного воздействия на возникновение приповерхностных дефектов в титановом сплаве на различных временах, а именно - основные дефекты на глубине порядка 20 мкм проявляются при 30 минутном воздействии кавитации. Также можно говорить о том, что до 30 минут дефекты возникают, а после – релаксируют. В ходе доклада будет более подробно рассмотрено возникновение приповерхностных дефектов на различных временах кавитацинного воздействия.

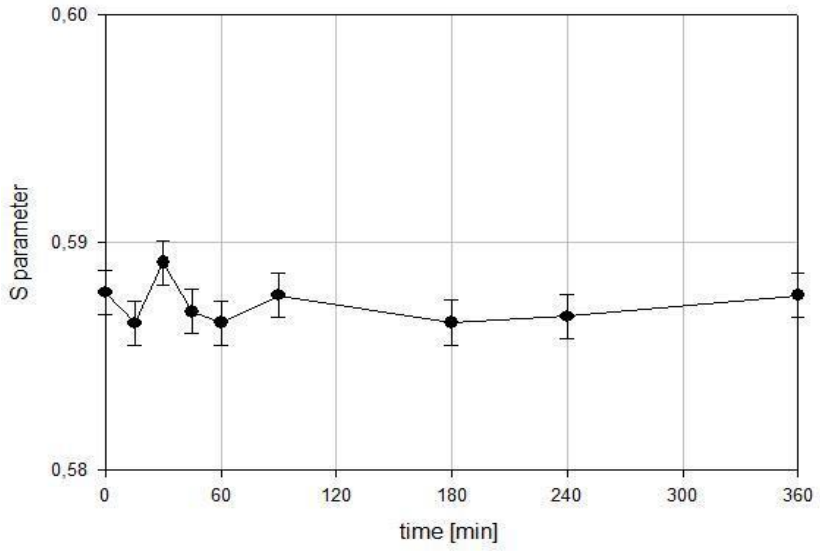


Рис. 1. График зависимости параметра S от времени кавитационного воздействия.

1. I. Makkonen, E. Korhonen J. Phys. Condens. Matter 28 1-7 (2016)
2. I. Prochazka Materials Structure 8 55-60 (2001)
3. P. Horodek, M. Eseev, A. Kobets Nukleonika 60 721-724 (2015)

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ В АРКТИКЕ

Ладвищенко А.А.[1], Лагунов А.Ю.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В.Ломоносова
E-mail: ladvishchenko.aleksandr@yandex.ru

FEATURES OF THE OPERATION OF SOLAR CELLS AT LOW TEMPERATURES IN THE ARCTIC

Ladvishchenko A.A.[1], Lagunov A.Yu.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Our study is devoted to the work of solar cells at low temperatures from minus 40 to plus 12 degrees Celsius. We investigated various solar cells in idle and short circuit conditions. Studies have shown that with decreasing temperature, the efficiency of solar cells increases.

В глобальном масштабе Арктика является предметом интереса многих стран мира. Это связано прежде всего с наличием большого количества углеводородов. Поэтому многие исследователи стремятся попасть в этот регион. Большой проблемой для исследователей являются экстремальные погодные условия. Для работы в Арктике исследователям необходима электрическая энергия. Чаще всего для получения электрической энергии используются бензогенераторы, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Наш университет

проводит исследования по применению солнечных элементов в Арктике. Чаще всего исследователи обращают внимание на работу солнечных элементов при высоких температурах, так как солнечные панели используются в южных районах. Во время полярного лета сохраняются довольно низкие температуры, которые не превышают12 градусов по Цельсию. Работа солнечных элементов при низких температурах изучена недостаточно хорошо.

Известно, что повышение температуры солнечных элементов при облучении солнечным светом отрицательно влияет на их эффективность фотопреобразования, в результате чего падает выходная нагрузочная мощность [1]. Экспериментальные исследования показали, что при эксплуатации солнечных модулей в летнее время создаётся такое температурное воздействие, которое снижает эффективность преобразования светового потока и приводить к ускорению деградации модуля, что в конечном итоге приводит к снижению характеристик [2].

Наше исследование посвящено работе солнечных элементов при низких температурах от минус 40 до плюс 18 градусов по Цельсию. Мы исследовали различные солнечные элементы в режиме холостого хода и короткого замыкания. Исследования показали, что при снижении температуры эффективность работы солнечных элементов повышается. Ни один из исследуемых солнечных элементов не достиг максимального значения, заявленного производителем. При меньшей площади поверхности аморфный солнечный элемент дал более высокое напряжение. В целом по всем показателям можно сделать вывод, что поликристаллический солнечный элемент даёт наиболее хороший результат. Именно этот солнечный элемент мы планируем исследовать в полевых условиях в Арктике.

1. M. Maghami, H. Hizam, C. Gomes, S. Hajighorbani, and N. Rezaei, “Evaluation of the 2013 southeast asian haze on solar generation performance,” PLoS ONE, vol. 10, no. 8, 2015.
2. A. Elbreki, M. Alghoul, A. Al-Shamani, A. Ammar, B. Yegani, A. Aboghrara, M. Rusaln, and K. Sopian, “The role of climatic-design- operational parameters on combined pv/t collector performance: A critical review,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 57, pp. 602-647, 2016.

ГИДРОФОБНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОЛУКОВИЦ

Лях Н.Л.[1], Капустин С.Н.[1]

[1)] САФУ им. Ломоносова, г. Архангельск, Россия
E-mail: nataly.native@yandex.ru

HYDROPHOBIC SURFACE BASED ON CARBON NANOROBOTIC

Lyah N.L.[1], Kapustin S.N.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk , Russia

The technology of creation of hydrophobic coating of nanorobotic, which is applied with an airbrush. This method is simple in practical application and has the advantage of low cost . Hydrophobicity is provided by the "Lotus effect" due to the surface of the agglomerates of nanocubic. The coating ha

Разработанна технология антиобледенительного покрытия на основе нанолуковиц, которое обладает сверхгидрофобными свойствами. На защищаемый объект покрытие наносится аэрографом. Использование аэрографа значительно упрощает нанесение на поверхность покрытия, данный способ безопасен и удобен при практическом применениии в разы увеличивает свойства материала.

Сверхгидрофобность поверхности достигается за счет агломератов используемого материала, которые за счет «эффекта лотоса» [1] обеспечивают данный эффект.

Полученные образцы исследуются на гидрофобные, антиобледенительные и прочностные свойства на различных установках, в том числе и обеспечивающих условия сурового севера.

Углеродные нанолуковицы - перспективный материал с низкой себестоимостью, методика его промышленного производства была разработана недавно. Материал так же обладает проводимостью и может быть применим для снятия статического напряжения.

Будут представлены результаты исследования зависимости краевого угла смачивания и угла начала скольжения капли в зависимости от диаметра углеродных нанолуковиц.

Альтернативой использования нанолуковиц может быть «лес» углеродных трубок [2]. Однако сложность производства с использованием специального оборудования и применения данного материала увеличивает себестоимость продукта.

Представленная методика нанесения покрытия на объект и используемый нанонаполнитель не требуют специальных условий.

Альтернативой так же может служить использование ксерогеля [3] с углеродным наполнителем для нанесения на поверхность. Однако, данный метод требует

нанесения толстого слоя, который является хрупким, из-за чего данный способ является более дорогостоящим.

Предложенный подход предлагает простой метод синтеза покрытия и его нанесения, не требующий специальных условий.

1. Aryeh Ben-Na'im Hydrophobic Interaction Plenum Press, New York (ISBN 0-306-40222-X).

2. H. Sugime, S. Esconjauregui, J. Yang, L. D'arsié, R. A. Oliver, S. Bhardwaj, C. Cepek, J. Robertson. Low temperature growth of ultra-high mass density carbon nanotube forests on conductive supports. Appl. Phys. Lett. 103, 109901 (2013).

3. Сенюкова С. И., Капустин С.Н Супергидрофобная поверхность на основе ксерогеля из углеродных нанотрубок. Физика. Технологии. Инновации. ФТИ - 2019. [Электронный ресурс]: тезисы докладов VI Международной молодежной научной конференции, посвященной 70-летию основания Физико - технологического института, Екатеринбург, 20-24 мая 2019 г. / отв. за вып. А. В. Ищенко. – Екатеринбург: УрФУ, 2019.

ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ В СИСТЕМАХ (Gd, Pr)-Sr-Co-O: СИНТЕЗ, КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И КИСЛОРОДНАЯ НЕСТЕХИОМЕТРИЯ

Маклакова А.В.[1], Власова М.А.[1], Волкова Н.Е.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: anastasia_maklakova@mail.ru

SOLID SOLUTIONS IN THE (Gd, Pr)-Sr-Co-O SYSTEMS: SYNTHESIS, CRYSTAL STRUCTURE AND OXYGEN NON-STOICHIOMETRY

Maklakova A.V.[1], Vlasova M.A.[1], Volkova N.E.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The perovskite type oxides formed in the Ln-Me-Me/-O systems (where Ln – rare-earth, Me – alkaline earth metal, Me/ - 3-d metal) have potential applications as gas sensors, catalysts or cathode materials for IT-SOFCs due to the high values of mixed electronic -ionic conductivity

Физико-химические свойства оксидов, образующихся в системах Ln-Me-Me/-O (где Ln – лантанид, Me – щелочноземельный металл, Me/ – 3-d металл) зависят от их кристаллической структуры, на формирование которой существенное влияние оказывает содержание кислорода. В связи с этим информация о методах получения, физико-химических свойствах и стабильности оксидов при варьировании химического состава на сегодняшний день является актуальной [1].

Поэтому целью настоящей работы явились определение фазовых равновесий в системах Ln-Sr-Co-O (Ln = Gd, Pr), а также оптимизация условий синтеза, определение кристаллической структуры и физико-химических свойств соединений, образующихся в данных системах.

Синтез образцов проводили по стандартной керамической и глицерин-нитратной технологиям. Заключительный отжиг проводили при 1100°С на воздухе в течение 240 часов с промежуточными перетираниями и последующим медленным охлаждением на комнатную температуру. Фазовый состав полученных оксидов контролировали рентгенографически. Идентификацию фаз проводили при помощи картотеки JCPDS и программного пакета «fpeak». Определение параметров элементарных ячеек из дифрактограмм осуществляли с использованием программ «CelRef 4.0», уточнение полнопрофильного анализа Ритвелда в программе «FullProf 2008».

Согласно результатам РФА в системах (Gd, Pr)-Sr-Co-O на воздухе установлено образование двух типов твердых растворов: $Sr_{1-x}Ln_xCoO_{3-\delta}$ и $Sr_{2-y}Ln_yCoO_{4-\delta}$, где Ln= Pr, Gd. Для всех однофазных оксидов были рассчитаны параметры элементарной ячейки и координаты атомов. Показано, что при увеличении концентрации ионов РЗЭ наблюдается уменьшение параметров и объёма элементарной ячейки для сложных оксидов, что связано с размерными эффектами.

Кислородную нестехиометрию образцов при комнатной температуре определяли с помощью дихроматометрического титрования.

Электротранспортные свойства измеряли 4хконтактным методом. При увеличении температуры наблюдается уменьшение общей электропроводности, что связано с выходом кислорода из подрешётки, что препятствует протеканию реакции дисспропорционирования кобальта. Положительный коэффициент Зеебека во всём исследуемом интервале температур свидетельствует о преимущественно дырочном типе проводимости.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-33-90058).

1. Michel C. R., DelgadoE., Santillan G. An alternative gas sensor material: Synthesis and electrical characterization of SmCoO3. // Materials Research Bulletin. - 2007. - V.42. - P. 84–93.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ОКСИДОВ $Nd_{1.6}Ca_{0.4}Ni_{1-X}Cu_XO_4$, КАК ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНЫХ ТОТЭ

Максимчук Т.Ю.[1], Филонова Е.А.[1], Пикалова Е.Ю.[1, 2], Русских О.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: vfrcbvxernfyz@mail.ru

FUNCTIONAL PROPERTIES OF $Nd_{1.6}Ca_{0.4}Ni_{1-X}Cu_XO_4$ OXIDES AS ELECTRODE MATERIALS FOR MEDIUM-TEMPERATURE TOTES

Maksimchuk T.Yu,[1], Filonova E.A.[1], Pikalova E.Yu.[1, 2], Russkikh O.V.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of high temperature electrochemistry, Urals branch of RAS, Yekaterinburg, Russia

In recent years, many scientific efforts were directed to selection of optimum materials for the cathode of solid oxide fuel cells working at the intermediate temperatures. In the present work novel $Nd_{1.6}Ca_{0.4}$Ni1-hsiho4 materials were synthesized and their conductivity and thermal expansion were inv

Уже достаточно продолжительное время внимание исследователей приковано к поиску оптимальных катодных материалов для твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ), работающих в среднем интервале температур. В настоящей работе впервые изучены условия пиролиза при синтезе сложных оксидов $Nd_{1.6}Ca_{0.4}Ni_{1-x}Cu_xO_{4+\delta}$, как потенциальных катодов для ТОТЭ. Проведена корреляция между условиями синтеза, кристаллической структурой, высокотемпературным поведением, термическим расширением, изученных фаз с целью выявления факторов, влияющих на стабильность электродов [1].

Синтез сложных оксидов общего состава $Nd_{1.6}Ca_{0.4}Ni_{1-x}Cu_xO_{4+\delta}$ (x = 0.0-0.4) осуществляли глицерин-, глицин- и цитрат-нитратными методами. Стехиометрические количества CuO, $CaCO_3$ и Nd_2O_3 растворяли в конц. HNO_3, $Ni(CH_3COO)_2{\cdot}4H_2O$ – в воде. Изучение механизма пиролиза проводили при помощи исследований процесса термохимического генерирования зарядов, измерения температуры и состава исходящих газов. Полученную смесь выпаривали в чашке до сухого остатка. Порошки отжигали на воздухе последовательно по 12 часов при 1000 и 1100°C. После каждой стадии порошки перетирали в среде этилового спирта. Финальную стадию спекания в зависимости от содержания меди в образцах проводили при температурах 1250-1450°C.

Фазовый состав и кристаллическую структуру порошков $Nd_{1.6}Ca_{0.4}Ni_{1-x}Cu_xO_{4+\delta}$ исследовали методом рентгеновской дифракции с использованием дифрактометра SHIMADZU XRD-7000 в Cu-K_α-излучении в интервале

углов $15 \leq 2\theta^\circ \leq 85$. Уточнение кристаллоструктурных параметров проводили проводили методом Ритвелда с использованием программного пакета Fullprof Suite. Высокотемпературные рентгеновские исследования проводили на дифрактометре Rigaku Ultima IV в Co-$K_{\alpha 1}$-излучении. Изобарический линейный коэффициент термического расширения образцов рассчитывали из наклона экспериментальных зависимостей, полученных по данным ВРФА и дилатометрии. Измерение проводимости образцов проводили четырехзондовым методом с помощью автоматической системы Zirconia-318. Измерели максимальную температуру пиролиза, провели исследования процесса термохимического генерирования зарядов при синтезе $Nd_{2-x}Ca_xNi_{1-y}Cu_yO_{4+\delta}$ (x = 0.0-0.4) (ИПЭП-1, ИК термометр Testo 835). Провели определение абсолютного содержания кислорода с помощью термогравиметрических исследований (NETZSCH STA 449F3).

Согласно данным РФА все образцы $Nd_{1.6}Ca_{0.4}Ni_{1-x}Cu_xO_{4+\delta}$ (x=0.0-0.4) являются однофазными и обладают орторомбической структурой. Установлено, что с увеличением содержания меди в ряду $Nd_{1.6}Ca_{0.4}Ni_{1-x}Cu_xO_{4+\delta}$ наблюдается уменьшение параметров a и b и увеличение параметра c и объема элементарной ячейки. Образцы $Nd_{1.6}Ca_{0.4}Ni_{1-x}Cu_xO_{4+\delta}$ (x = 0.1 - 0.4) имеют фазовый переход первого рода из низкосимметричной орторомбической структуры в тетрагональную ($Fmmm \rightarrow I4/mmm$) в диапазоне температур от 150 до 450 □С.Значения ЛКТР позволяют сделать вывод, что исследуемые образцы являются приемлемыми материалами для их использования в качестве катодных материалов ТОТЭ [2].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 19-13-00136. Часть работы выполнена на оборудовании Центров коллективного пользования "Состав вещества" ИВТЭ УрО РАН и "Урал-М" ИМет УрО РАН.

1. Gao Z., Mogni L., Miller E. C., Railsback J. G. Barnett S. A perspective on low–temperature solid oxide fuel cells // J. Energy Environ. Sci. – 2016. – V. 9. – P. 1602–1644.

2. Pikalov S. M., Vedmid L. B., Filonova E. A., Pikalova E. Yu., Lyagaeva L. G., Danilov N. A., Murashkina A. A. High-temperature behavior of calcium substituted layered neodymium nickelates // J. Alloys. Compd. Available online 3 June 2019. In Press, Accepted Manuscript. https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.05.349

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СУЛЬФИДОВ КАДМИЯ И ЦИНКА ДЛЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВИДИМОГО СВЕТА В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ

Марковская Д.В.[1, 2], Журенок А.В.[1], Козлова Е.А.[1, 2]

[1)] Институт катализа СО РАН, г. Новосибирск, Россия
[2)] Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия
E-mail: madiva@catalysis.ru

NEW MATERIALS BASED ON CdS AND ZnS FOR PHOTOCATALYTIC HYDROGEN EVOLUTION AND CONVERSION OF VISIBLE LIGHT ENERGY TO ELECTRICITY

Markovskaya D.V.[1, 2], Zhurenok A.V.[1], Kozlova E.A.[1, 2]
[1)] Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, Novosibirsk, Russia
[2)] Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

The photocatalysts $Cd_{1-x}Zn_xS$ and photoelectrodes $Cd_{1-x}Zn_xS$/FTO were prepared. The addition of $Zn(OH)_2$, $Ni(OH)_2$, and NiS enhanced the target properties of the tested samples. The correlation between the photocatalytic activity and photoelectrochemical parameters was established.

Функционирование современного общества требует высоких затрат энергии, большую часть которой получают сгоранием исчерпаемых ресурсов. Наиболее привлекательным альтернативным решением энергетической проблемы является преобразование световой энергии в энергию химических связей или в электричество [1]. В обоих случаях эффективные материалы должны обладать чувствительностью к действию видимого света и проявлять высокую активность. Этим требованиям обладает CdS, однако способность к фотокоррозии ограничивает применение данного фотокатализатора [1]. Для повышения каталитической активности и стабильности CdS можно создавать композитные материалы на основе сульфидов кадмия и цинка [2]. В связи с этим целью работы является синтез материалов на основе сульфидов кадмия и цинка для фотокаталитического выделения водорода и преобразования энергии видимого света в электрическую.

Фотокатализаторы $Cd_{1-x}Zn_xS$ были синтезированы методом осаждения, фотоэлектроды $Cd_{1-x}Zn_xS$/FTO (FTO – токопроводящее стекло, покрытое SnO_2:F) готовили методом послойного нанесения [3].

Образцы $Cd_{1-x}Zn_xS$, согласно данным рентгенофазового анализа, представляют собой твердые растворы сульфидов кадмия и цинка. Зависимость скорости фотокаталитического выделения водорода из водного раствора Na_2S/Na_2SO_3 от состава твердого раствора проходит через два максимума, что связано с особенностями поглощения света и положением зоны проводимости изучаемых фотокатализаторов. Наибольшая скорость выделения водорода была зафиксирована

на образце $Cd_{0.3}Zn_{0.7}S$ и составила 2.3 мкмоль/мин. Аналогичным образом при варьировании содержания кадмия в фотоэлектродах изменялись плотности тока короткого замыкания, КПД превращения энергии света в электрическую, время жизни электронов, рассчитанное из данных спектроскопии импеданса. Наибольшие значения целевых характеристик были получены на фотоэлектроде $Cd_{0.3}Zn_{0.7}S$/FTO.

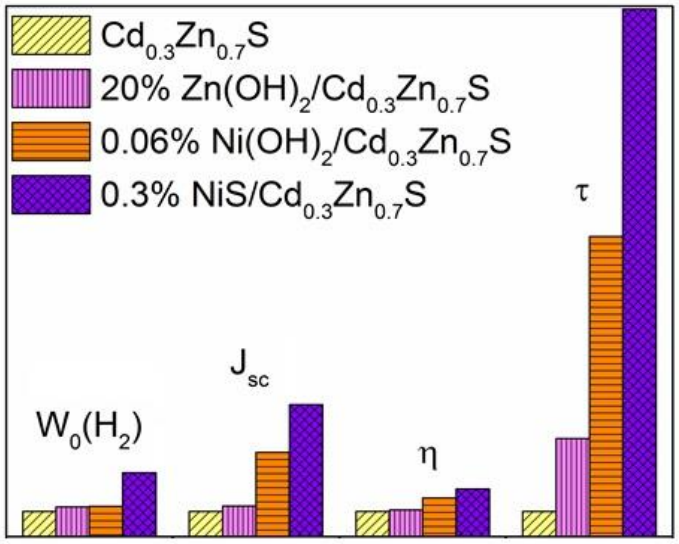


Рис. 1. Относительные изменения каталитической активности изучаемых фотокатализаторов, плотности тока короткого замыкания, КПД преобразования энергии света в электрическую, времени жизни носителей зарядов фотоэлектродов. Целевые характеристики $Cd_{0.3}Zn_{0.7}S$ и $Cd_{0.3}Zn_{0.7}S$/FTO приняты за 100%

Для дальнейшего повышения эффективности преобразования света на фотокатализаторы и фотоэлектроды наносили $Ni(OH)_2$, $Zn(OH)_2$, NiS [3]. Оптимальным сокатализатором оказался сульфид никеля: его нанесение на поверхность $Cd_{0.3}Zn_{0.7}S$ привело к росту скорости выделения водорода в 3 раза, $Cd_{0.3}Zn_{0.7}S$/FTO – к увеличению плотности тока короткого замыкания в 5.2 раза. Следует отметить, что нанесение на поверхность $Cd_{0.3}Zn_{0.7}S$ всех изученных сокатализаторов позволило увеличить целевые характеристики, причем изменения этих величин симбатны. Вероятно, наблюдаемая закономерность связана с увеличением времени жизни фотогенерированных зарядов из-за увеличения степени пространственного разобщения электрон-дырочных пар при модификации поверхности $Cd_{0.3}Zn_{0.7}S$. Данный фактор является ключевым для протекания фотокаталитических и фотоэлектрохимических превращений.

Таким образом, в ходе работы были получены эффективные материалы для преобразования энергии видимого излучения. Выявлена закономерность, позволяющая осуществить дизайн фотоэлектродов на основе фотокатализаторов, обладающих высокой каталитической активностью.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ 20-33-70086 и Стипендии Президента СП-1029.2019.1

1. Козлова, Е.А., Пармон, В.Н., Успехи химии, 86 (2017), 870-906.
2. Wang, L., Wang, W., Shang, M., Yin, W., Sun, S., Zhang, L., International Journal of Hydrogen Energy, 35 (2010), 19–25.
3. Markovskaya, D.V., Gribov, E.N., Kozlova, E.A., Kozlov, D.V., Parmon, V.N., Renewable Energy, 2019; DOI: 10.1016/j.renene.2019.11.030

ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТОВ С КИСЛОРОДНО-ИОННОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ НА ОСНОВЕ ДИМОЛИБДАТА ЛАНТАНА

Матвеев Е.С.[1], Свищев А.С.[1], Антропова А.Н.[1], Боровикова Ю.А.[1], Кочетова Н.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Egor.Matveev@urfu.ru

FINDING THE OPTIMAL METHOD OF PREPARING OXYGEN-ION CONDUCTIV COMPOSITES BASED ON LANTANE DIMOLYBDATE

Matveev E.S.[1], Svishchev A.S.[1], Antropova A.N.[1], Borovikova Yu.A.[1], Kochetova N.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The $(1–x)La_2Mo_2O9 \cdot xLa_2MoO_6$ composite electrolytes (x=0.01–0.95) with oxygen-ionic conductivity were studied. It was found that the addition of the heterogeneous dopant leads to improvement of electrical properties of the samples.

Тенденции в развитии водородной энергетики, как альтернативного пути получения энергии, ставят перед исследователями задачу поиска твердотельных кислородно-ионных проводников, имеющих перспективу использования в качестве функциональных материалов различных электрохимических устройств. Перспективным классом кислородно-ионных проводников являются композиционные электролиты, например, композиты в эвтектических системах на основе димолибдата лантана $La_2Mo_2O_9$ [1]. Введение гетерогенного допанта позволяет добиться существенного увеличения электропроводности композиционных образцов (композиционный эффект). Возникновение композиционного эффекта объясняется частичной стабилизацией высокопроводящей β-модификации $La_2Mo_2O_9$. Интерес представляет подбор оптимального способа получения композитов, обладающих максимальными значениями кислородно-ионной проводимости.

Целью работы стало получение различными способами композитов состава $(1–x)La_2Mo_2O_9 \cdot xLa_2MoO_6$ (x=0.01–0.95) и изучение их электрических свойств.

Образцы были получены двумя методами: механическим смешением компонентов, предварительно синтезированных по керамической (из La_2O_3 и MoO_3) или растворной (из $La_2(C_2O_4)_3$ и $(NH_4)_6MoO_{24}$) технологиям, а также методом in situ, то есть при одновременном твердофазном синтезе компонентов в одной реакционной смеси, при температурах 450–950°C с дополнительной обработкой брикетированных образцов при температурах ниже (1050°C) и выше (1400°C) $T_{эвт}$. Методом РФА (D8 Advance, Bruker, Германия) подтвержден фазовый состав полученных образцов. Методом сканирующей электронной микроскопии (Sigma VP, Carl Zeiss, Германия) проведена аттестация микроструктуры композитов.

Электрические свойства композиционных образцов исследованы методом электрохимического импеданса (Elins Z-1000P, ООО «Элинс», Россия) в частотном диапазоне 1–106 Гц в интервале T=250–900°C и pO_2 =10^{-15}–0.21 атм. Общая электропроводность композиционных образцов не зависит от парциального давления кислорода в исследуемых условиях, что говорит о преимущественно ионном характере проводимости. Методом ЭДС подтвержден доминирующий кислородно-ионный характер проводимости, значения ионных чисел переноса близки к 1. Анализ температурных зависимостей общей электропроводности показал, что введение добавки La_2MoO_6 обеспечивает рост значений электропроводности во всем интервале температур. Максимальный эффект увеличения электропроводности достигается для образцов, приготовленных механическим смешением индивидуальных фаз, с 2 и 20 мол.% гетерогенной добавки La_2MoO_6.

Таким образом, проанализировано влияние метода приготовления композиционных образцов на функциональные свойства. Наиболее оптимальным методом получения композитов является метод механического смешения компонентов $La_2Mo_2O_9$ и La_2MoO_6.

1. Партин Г.С., Кочетова Н.А., Анимица И.Е., Фундаментальные проблемы современного материаловедения, 3, 339 (2019).

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ $Bi_{22}W_{5-X}M_XO_{48-\delta}$ (M= Mn, Fe, Co)

Маякова А.С. [1], Каймиева О.С.[1], Буянова Е.С.[1], Петрова С.А.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

[2)] Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

E-mail: anas.mayakova@yandex.ru

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF $Bi_{22}W_{5-X}M_XO_{48-\delta}$ (M= Mn, Fe, Co)

Mayakova A.S.[1], Kaimieva O.S. [1], Buyanova E.S.[1], Petrova S.A.[2]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia Boris Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

[2)] Institute of metallurgy of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The samples with general formula $Bi_{22}W_{5-x}M_xO_{48-\delta}$ (M= Mn, Fe, Co; x=0-0.2) have been synthesized by solid state method. It was found that the samples crystallize with cubic structure. $Bi_{22}W_{5-x}Co_xO_{48-\delta}$ has the highest values of electroconductivity.

В настоящее время актуальным является получение новых материалов с заданными характеристиками, которые могут быть перспективными для применения в качестве мембран электрохимических устройств, в том числе датчиков давления кислорода. Среди всего многообразия твердых электролитов можно выделить вольфраматы висмута с флюоритоподобной структурой, обладающие хорошей ионной проводимостью при 500-800°C. Вводя в структуру вольфраматов различные катионы можно добиться улучшения их характеристик и повышения стабильности в различных условиях.

Поэтому целью настоящей работы является получение и изучение физико-химических свойств вольфраматов висмута $Bi_{22}W_{5-x}M_xO_{48-\delta}$ (M= Mn, Fe, Co; x=0-0.2).

Образцы были получены твердофазным методом синтеза. В качестве исходных соединений использовали Bi_2O_3, WO_3, Mn_2O_3, Fe_2O_3, Co_3O_4. Взятые в стехиометрических количествах навески соответствующих оксидов перетирали в агатовой ступке с применением этилового спирта как гомогенизатора. Полученные смеси отжигали в печи в течение 8 часов в интервале температур 600-1000°C. После каждой стадии синтеза проводили промежуточные перетирания. Для стабилизации кубической структуры при комнатной температуре выполнена закалка образцов с 1000°C.

Все полученные порошки были аттестованы с помощью рентгенофазового анализа (дифрактометр ДРОН-3, CuK_α-излучение). Выявлено, что все образцы обладают кубической структурой (пр. гр. Fm3m). Рассчитаны параметры элементарной ячейки (например, $a(Bi_{22}W_5O_{48})$=5.550 Å).

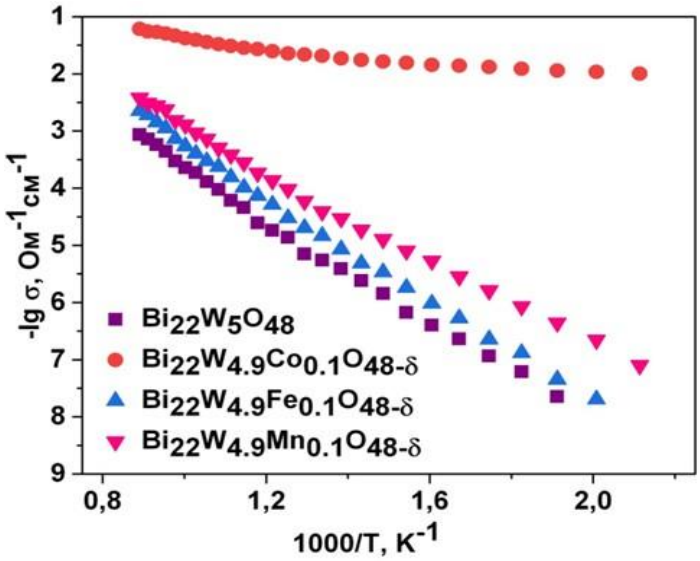


Рис. 1. Зависимость общей электропроводности $Bi_{22}W_{5-x}M_xO_{48-\delta}$ (M=Mn, Fe, Co; x=0.0-0.1) от температуры.

Для определения общей электропроводности образцов методом импедансной спектроскопии предварительно прессовали и спекали порошки вольфраматов висмута в виде таблеток диаметром 10 мм и толщиной 3-4 мм. На торцевые поверхности брикетов наносили мелкодисперную платину для улучшения контактов с электродами. Измерения проводили на импедансметре Elins Z-3000X с использованием двухконтактной ячейки в интервале температур 850-200°C в режиме охлаждения. По полученным годографам импеданса построены зависимости общей электропроводности образцов $Bi_{22}W_{5-x}M_xO_{48-\delta}$ (M=Mn, Fe, Co; x=0.0-0.1) от температуры . Наибольшими значениями обладают соединения, допированные кобальтом ($\sigma 800(Bi_{22}W_{4.9}Co_{0.1}O_{48-\delta})$=0.05 $Ом^{-1}см^{-1}$).

ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБНОСТИ ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ К РАЗРУШЕНИЮ И ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЮ МЕТОДОМ НАНОИНДЕНТИРОВАНИЯ

Минин М.Г.[1], Коссович Е.Л.[2], Добрякова Н.Н.[2], Просина В.А.[2]

[1)] Уральский Федеральный Университет, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Московский институт стали и сплавов, г. Москва, Россия
E-mail: m.g.minin@urfu.ru

CHARACTERIZATION OF THE ABILITY OF BRITTLE MATERIALS TO FRACTURE AND DUST FORMATION BY NANOINDENTATION

Minin M.G.[1], Kossovich E.L.[2], Dobryakova N.N.[2], Prosina V.A.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Moscow Institute for Steel and Alloys, Moscow, Russia

Application of nanoindentation as a method for determing the ability of fine dust formation in brittle materials is being discussed. Using the original nanoindentation technique in single and cyclic modes the correlation between elastic modulus and dust formation ability has been established.

В работе показаны возможности применения метода наноиндентирования для характеристики способности неоднородных хрупких материалов к разрушению с образованием тонкодисперсных частиц (пыли). В качестве объекта исследований использовали образцы, изготовленные из двух углей одного пласта, отобранные из участков (пачек), различающихся по потенциальной выбросоопасности. Уголь 1 был отобран из невыбросоопасного участка, уголь 2 – из потенциально выбросоопасной пачки. Такой выбор объектов исследования обусловлен тем, что угли это неоднородный природный органический композитный материал. Неоднородность углей проявляется на разных масштабных уровнях – от макро до нано.

Из выбранных углей по разработанной методике [1] были изготовлены образцы, пригодные для исследований на автоматизированных установках по наноиндентированию.

При каждом эксперименте по однократному индентированию проводили 36 измерений по сетке на площадке 70x70μм. Модуль упругости E определяли в соответствии с [2] и [3]. Отношение RW=Ahys/Aload*100%, которое можно рассматривать как долю работы сил, приводящих к разрушению, в полной работе сил по нагружению образца, считали в соответствии с методикой, приведенной в [4].

Для проведения экспериментов по циклическому индентированию выбирали не менее пяти точек в области, выбранной для индентирования, и последовательно 12 раз в каждой из выбранных точек нагружали-разгружали образец с максимальной нагрузкой, растущей в диапазоне 10-10000 μH.

Полученные в ходе анализа экспериментальных результатов данные позволили установить следующее. Ширина диапазона изменения (увеличения) модулей упругости при циклическом индентировании может служить одним из косвенных показателей, характеризующих их способность к образованию тонкодисперсной пыли. Угли, способные к разрушению с образованием большого количества пыли и угли из неопасных пачек могут быть качественно разделены по степени неоднородности распределения их механических свойств, определенных методом наноиндентирования с последующим картированием.

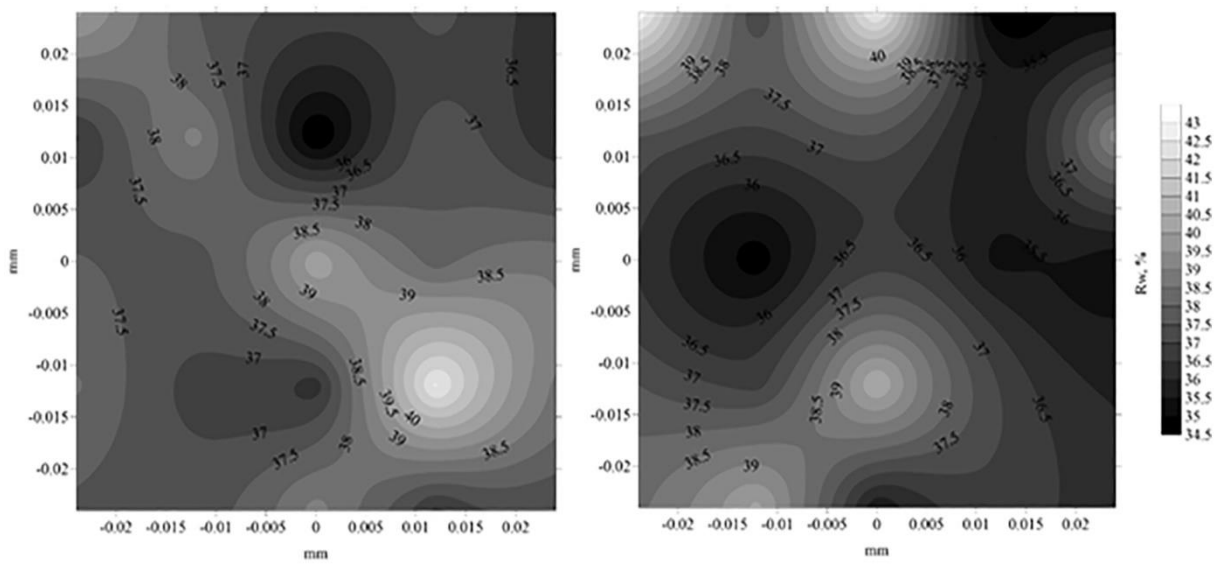


Рис. 1. Распределение параметра RW по поверхности: а) уголь 1, RWa = 37.6 %, StDev = 2.0 % б) уголь 2, RWa = 37.5 %, StDev = 2.5 %

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 18-77-10052).

1. Kossovich E.L., Dobryakova N.N., Epshtein S.A., Belov D.S. Mechanical properties of coal microcomponents under continuous indentation // Journal of Mining Science, 2016. Vol. 52, № 5. P. 906–912. DOI: 10.1134/S1062739116041382.

2. Bulychev S.I., Alekhin V.P., Shorshorov M.K., Ternovskij A.P., Shnyrev G.D. Determination of Young modulus by the hardness indentation diagram // Zavodskaya Laboratoriya, 1975. Vol. 41, № 9. P. 1137–1140.

3. Oliver W.C., Pharr G.M. An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments // Journal of Materials Research, 1992. Vol. 7, № 06. P. 1564–1583. DOI: 10.1557/JMR.1992.1564.

4. Kossovich E.L., Borodich F.M., Epshtein S.A., Galanov B.A., Minin M.G., Prosina V.A. Mechanical, structural and scaling properties of coals: depth-sensing indentation studies // Applied Physics A, 2019. Vol. 125, № 3. P. 195. DOI: 10.1007/s00339-018-2282-1.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА И ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПОНЕНТОВ НЕФТИ

Минзагирова А.М.[1, 2], Гильманова А. Р.[1, 2], Галиханов М.Ф.[1],
Борисова Ю.Ю. [2], Борисов Д.Н.[2]

[1)] Казанский национальный исследовательский технологический университет»
[2)] ФИЦ Казанский научный центр РАН
E-mail: alsu.minzagirova@mail.ru

COMPOSITE MATERIALS BASED ON POLYETHYLENE, AND HIGH-MOLECULAR OIL COMPONENTS

Minzagirova A.[1, 2], Gilmanova A.[1, 2], Galikhanov M.[1], Borisova Yu.[2], Borisov D.[2]
[1)] Kazan National Research Technological University
[2)] FRC Kazan Scientific Center of RAS

In this work we studied the electret properties of polymer composite materials. It was found that the introduction of high-molecular oil components in polyethylene increases electret characteristics of composite materials on their base.

В настоящее время в России добывается и перерабатывается до 80% сернистых и высокосернистых нефтей, имеющие высокое содержание высокомолекулярных поликонденсированных гетероатомных компонентов (до 60%). Наиболее высокомолекулярной и сложной по элементному составу и молекулярному строению частью нефти являются асфальтены. В последнее время особенное внимание уделяется исследованию состава асфальтенов и получению на их основе практически ценных продуктов, в том числе, путем их модификации в реакциях сульфирования, фосфорилирования, аминирования, нитрования, галогенирования и т.п. [1]. Индивидуально асфальтены не являются промышленно получаемым продуктом, но в качестве сырья возможно использование остаточного продукта переработки нефти, в которых они сконцентрированы. При этом нефтяные остатки, в силу своей дешевизны и уникальных свойств компонентов, входящих в их состав, являются перспективным материалом для получения продуктов с улучшенными свойствами, таких как полимерные композиционные материалы, ионообменные материалы и т.п. [2, 3].

Полимерные композиционные материалы нашли свое применение в различных отраслях промышленности и одним из направлений, является изготовление на их основе полимерных электретов. Электрет - это диэлектрик, способный длительное время находится в наэлектризованном состоянии или имеющий другие специфические свойства, характерные для тел с носителями зарядов [4].

В настоящей работе были исследованы электретные свойства композиций полиэтиленов с высокомолекулярных компонентов нефти (содержание 2,5; 5; 7,5 масс.%). В качестве полимерной матрицы в композиционном материале был использован линейный полиэтилен высокого давления марки 5118QM и

наполнители: асфальт пропан-бутановой деасфальтизации гудрона, асфальтены, выделенные из гудрона, и их сульфированные производные. Сульфирование асфальтенов проводилось серной кислотой в бензоле при температуре 80 °С в течение 4 часов.

Проведенные испытания показали, что электретные характеристики (потенциал поверхности, напряженность электрического поля и поверхностная плотность зарядов) значительно увеличивается при введении 7,5 мас. % наполнителей. Особое изменение наблюдается при введении в полимерную матрицу сульфированных асфальтенов (таблица 1).

ПЭ	ПЭ+Асфальт			ПЭ+Асфальтены			ПЭ+Сульфированные асфальтены		
	2,5%	5%	7,5%	2,5%	5%	7,5%	2,5%	5%	7,5%
0,223	0,711	0,220	0,773	0,263	0,130	0,807	0,811	0,321	1,135

Таблица 1 – Показатели потенциала поверхности полимерных композиций, kV.

Таким образом, использование высокомолекулярных компонентов нефти в качестве наполнителя в полимерном композиционном материале, дает возможность улучшить электретные характеристики полимерного электрета.

1. Yakubov M.R., Gryaznov P.I., Yakubova S.G., Sinyashin K.O., Milordov D.V., Mironov N.A. Petroleum Science and Technology (35, 2152-2157, 2017).
2. Borisova Yu.Yu., Minzagirova A. M., Gilmanova A. R., Galikhanov M. F., Borisov D. N., Yakubov M. R. Civil Engineering Jornal (5, 2554-2568, 2019).
3. Mullins O.C., Sheu E.Y., Hammami A., Marshall A. G. Asphaltenes, heavy oils, and petroleomics (Springer-Verlag New York, 2007)
4. Kestelman V. N., Pinchuk L. S., Goldade V. A. Electrets in engineering: fundamentals and applications (Springer Science and Business Media, 2000).

КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЗАМЕЩЕННЫХ ВАНАДАТОВ ВИСМУТА. ПОЛУЧЕНИЕ,СВОЙСТВА И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Мокрушина А.Г.[1], Крылов А.А.[1], Емельянова Ю.В.[1], Буянова Е.С.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет им.первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: angelina-mokrushina@yandex.ru

COMPOSITE MATERIALS BASED ON SUBSTITUTED BISMUTH VANADATES. OBTAINING, PROPERTIES AND ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS

Mokrushina A.G.[1], Krylov A.A.[1], Emelyanova Ju.V.[1], Buyanova E.S.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

The high anionic conductivity of BIMEVOX oxides is related to a high vacancy concentration in the oxygen sublattice of vanadium and the occurrence of different coordination environments of vanadium cations. This affects their transport properties. BIMEVOX is of interest for composite material [1].

Твердые растворы с общими формулами $Bi_4V_{2-x}Fe_xO_{11-\delta}$ и $Bi_4V_{2-x}Nb_xO_{11-\delta}$, где x=0.3, 0.5, получены твердофазным методом синтеза путем ступенчатого отжига. Аттестация образцов была проведена при помощи рентгенофазового анализа. Однофазные образцы были получены для всей серии твердых растворов и они кристаллизуются в тетрагональной установке с пространственной группой I4/mmm, т.е. отвечают высокотемпературной γ-модификации твердого раствора. Определены кристаллографические характеристики соединений. Композитные материалы на основе замещенных ванадатов висмута BIFEVOX, BINBVOX получали путем механического смешения и дальнейшего отжига исходных компонентов в определенных массовых соотношениях. В качестве второго компонента композита выступали нанопорошки оксидов Fe_2O_3 и Bi_2O_3. Путем высокотемпературного РФА исследованы структурные изменения в отдельных фазах композитных материалов в процессе нагрева (303 – 1073 К), доказано отсутствие взаимодействия между ними, рассчитана температурная зависимость параметров элементарной ячейки компонентов композитов. Для установления возможных фазовых переходов и определения линейного коэффициента термического расширения использован дилатометрический анализ. Методом РФА проведена проверка химической совместимости компонентов композита и показано, что оксид висмута частично достраивает решетку BIMEVOX. Оксид железа не вступает во взаимодействие с BIMEVOX. В качестве дополнительного метода оценки фазового и элементного состава композитов была использована растровая

электронная микроскопия с возможностью энергодисперсионного микроанализа, подтвердившая результаты РФА.

В качестве базовых характеристик полученных композитов исследованы их фотокаталитические и электрохимические свойства.

Как модель классического загрязнителя для исследования фотокаталитических характеристик выбран родамин-В(С). Концентрацию родамина-В определяли фотометрическим методом. Во время эксперимента происходит снижение интенсивности линии родамина-В в ходе каталитической реакции без образования промежуточных соединений.

По результатам исследований были построены зависимости степени превращения родамина-В от времени и соответствующие кинетические кривые. Происходит модификация фотокаталитических свойств. Для композитов наблюдается обратный композитный эффект.

Оценены электрохимические характеристики твердых растворов и композитных материалов методом импедансной спектроскопии. Электропроводность измерена в зависимости от термодинамических параметров среды как функция температуры в диапазоне температур 1073-473 К в режиме охлаждения. По данным импедансной спектроскопии построены температурные зависимости общей проводимости матричных образцов. Общий вид полученных зависимостей в Арениусовских координатах типичен для семейства BIMEVOX. Из полученных результатов следует, что композиты с концентрацией нанооксида $x \leq 10\%$ имеют преимущественно увеличенную проводимость в сравнении с матричным соединением, что можно объяснить наличием композитного эффекта.

1. Knyazeva E.I., Pylinina A.I., Mikhalenko I.I. Mendeleev Communications V. 29. P. 541-543 (2019)

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВА МЕТЕОРИТА СЕЙМЧАН (PMG) ПОСЛЕ СЖАТИЯ СФЕРИЧЕСКИ СХОДЯЩИМИСЯ УДАРНЫМИ ВОЛНАМИ

Муфтахетдинова Р.Ф.[1], Гроховский В.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Физико-технологический институт, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: gizrozka91@bk.ru

STRUCTURAL FEATURES OF THE SEYMCHAN(PMG) METEORITE SUBSTANCE AFTER COMPRESSING SPHERICALLY CONVERGING SHOCK WAVES

Muftakhetdinova R.F.[1], Grokhovsky V.I.[1]
[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Structural changes in the Seymchan meteoritic material after the experiments on loading with spherically converging shock waves have been studied by optical and electron microscopy. It was noted that shock pressure and temperature increases from the outer part to the center of the loaded balls.

Особенности формирования структуры метеоритов связаны с влиянием на них космического вакуума, экстремальных значений температур, чрезвычайно медленного охлаждения (порядка одного градуса в миллион лет), высоких давлений (до 300 ГПа), высокоскоростных деформаций (до 10000000 $с^{-1}$) и иных экстремальных воздействий. Ударные процессы занимают особое место в эволюции внеземного вещества. Большую роль в понимании процессов, возникающих при взаимодействии ударных волн с веществом, играют модельные эксперименты. Использование сферически сходящихся волн позволяет в единичном эксперименте получить широкий диапазон давлений (от 10 до 300 ГПа) и температур (от температуры окружающей среды до нескольких тысяч градусов), распределенных в разных зонах одного образца. При этом можно исследовать результаты ударного структурного преобразования вещества – от сильной пластической деформации металла в твердом состоянии до испарения при разгрузке ударно-сжатого расплава с последующей конденсацией паров в центральной полости сохраняемого образца [1, 2].

В настоящей работе приведены результаты изучения структурных особенностей палласитовой и октаэдритовой частей метеорита Сеймчан (PMG) после модельных экспериментальных воздействий сферически сходящимися ударными волнами. Это позволит сопоставить полученные результаты с изменениями, наблюдаемыми в веществе найденных метеоритов и выявить закономерности эволюции их структуры.

Эксперименты по нагружению сферически-сходящимися ударными волнами вещества метеорита Сеймчан проводились в ФГУП «Российский Федеральный

Ядерный Центр – ВНИИТФ им. Е.И. Забабахина» (г. Снежинск) по методике описанному в работе [3]. Для проведения экспериментов по обжатию из фрагментов метеорита (палласитовой и октаэдритовой частей) Сеймчан были изготовлены шары диаметром 42 мм. Внешний вид медиального сечения шаров представлен на рисунке 1.

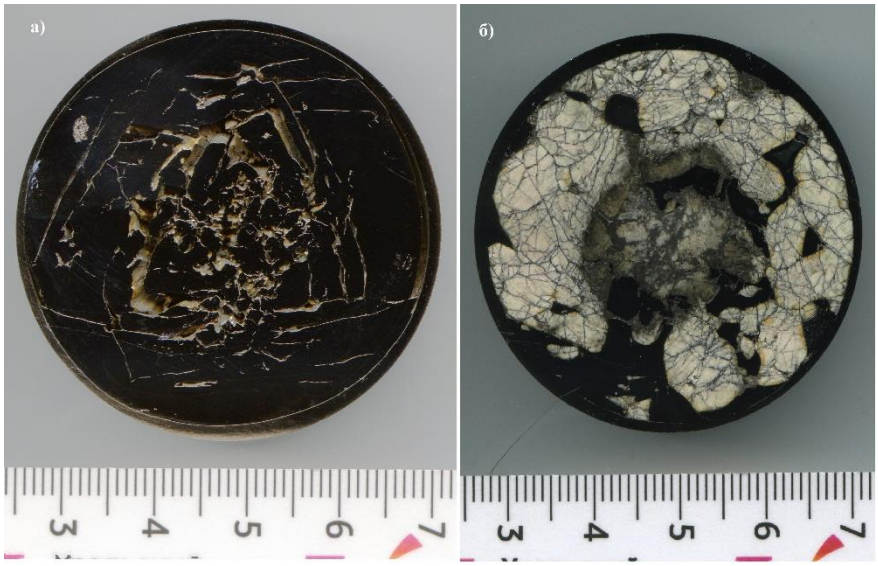


Рис. 1 – Медиальное сечение шаров из метеорита Сеймчан: а) октаэдритовая часть; б) палласитовая часть.

На рисунке 1 а представлена октаэдритовая (железная) часть метеорита Сеймчан. В исходном образце-свидетеле минералы камасит и тэнит составляют около 98-99 % объема метеорита. Визуально на протравленной ниталом поверхности аншлифа они создают четкую кристаллическую октаэдритовую видманштеттенову структуру. В шаровом образце после ударных воздействий параллельные балки камасита исказились, и имеют все более изогнутые формы ближе к центру шара. Хотя, на внешней части шара исходная видманштеттова структура сохраняется.

В образце из палласитовой части метеорита Сеймчан после обжатия сходящимися ударными волнами кристаллы оливина потеряли прозрачность из-за множественных трещин. Также, ближе к центру образовалось несферическое черное кольцо в силикатной составляющей метеорита. В центральной части образца, некоторые минералы демонстрируют более темный окрас по сравнению с исходной оливиновой матрицей. Металлическая часть не демонстрирует существенные следы деформации.

По остаточным изменениям структуры была проведена оценка достигаемых температур и давлений во время экспериментального нагружения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00598, а также при финансовой поддержке Министерства Образования

и Науки (проект № 5.4825.2017/6.7), Акта 211 Правительства Российской Федерации, Соглашение № 02.A03.21.0006.

1. Козлов Е.А. и др., Физика металлов и металловедение, 83, Вып. 2, стр. 116-127, (1997).

2. Муфтахетдинова Р.Ф. и др., Письма о Материалах. 5, Вып. 1, стр. 110 – 114, (2015).

3. E. A. Kozlov, A. V. Zhukov. Phase Transitions in Spherical Stress Waves. In: High Pressure Science and Technology, 1993, S. C. Schmidt, J. W. Shaner, G. A. Samara, M. Ross (eds), American Institute of Physics, New York, 1994, pp. 977—980.

АМОРФИЗАЦИЯ ИЗ ТВЕРДОГО СОСТОЯНИЯ В СИСТЕМЕ Fe-Si-Cu-Mg-O

Никульченков Н.Н.[1], Резник П.Л.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: nikolai.nikulchenkov@urfu.ru

SOLID-STATE AMORPHIZATION IN THE Fe-Si-Cu-Mg-O SYSTEM

Nikul'chenkov N.N.[1], Reznik P.L.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

At α→γ-transformation temperature interval, solid-state amorphization was observed by non-ambient x-ray diffraction on the surface of MgO coated Fe-3%Si-0.5%Cu during annealing at 600-1060 °C. The diffusion simulation of amorphization was proposed.

В настоящее время металлические стекла производятся в промышленных масштабах, которые измеряются тысячами тонн [1] и используются для производства многих видов изделий, поскольку некоторые аморфные сплавы имеют улучшенные магнитные, механические и/или антикоррозионные свойства по сравнению с теми же сплавами в кристаллическом состоянии [2].

При исследовании структуры и фазового состава поверхности сплава Fe-3%Si-0.5%Cu [3] с нанесенным термостойким покрытием (MgO) при нагреве в процессе формирования металлокерамической пленки в течение высокотемпературного отжига был обнаружен интересный эффект образования в поверхностном слое материала аморфной фазы на основе Fe [4].

Данная работа посвящена описанию процессов, протекающих при диффузионной аморфизации сплава системы Fe-Si-Cu-Mg-O, в процессе высокотемпературного отжига.

Методом терморентгеновского фазового (дифрактометр Bruker ASX ADVANCE D8, рентгеновское излучении K_α Cu) анализа в процессе непрерывного нагрева была подтверждена аморфизация сплава, происходящая в диапазоне

температур α→γ-превращения – 920-940 °С. Используя программное обеспечение VESTA [5], предназначенное для трехмерной визуализации структурных моделей, была построена модель диффузионной аморфизации (рис. 1). Аморфизация происходила засчет перехода комплексов Mg_2Si (рис. 1, а), восстановленных водородом из форстерита $(MgFe)_2SiO_4$, в твердый раствор на основе Fe(Si) (рис. 1, б). По данным модели была рассчитана совместимость комплекса Mg_2Si и ОЦК-решетки твердого раствора на основе Fe(Si).

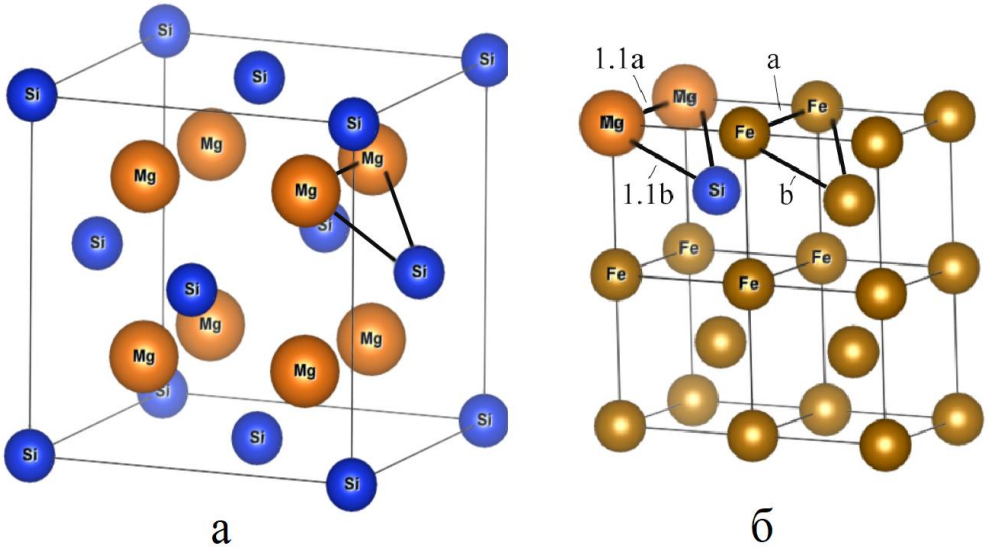


Рис. 1 Комплекс Mg_2Si в различных кристаллических решетках: а – в элементарной ячейке соединения Mg_2Si; б - в ОЦК-решетке твердого раствора на основе Fe.

1. Inoue A., Takeuchi A. Acta Mater., 59, 2243–2267 (2011).
2. Suryanarayana C., Inoue A. Bulk metallic glasses, CRC Press LLC (2011).
3. Nikul’chenkov N.N., Yurovskikh A.S., Starodubtsev Y.N., Lobanov M.L. Lett. Mater., 9, 64–69 (2019).
4. Yurovskikh A. S, Nikul’chenkov N. N., Redikultsev A. A., Lutfieva Z. Z. Lobanov M. L. KnE Engineering. 164–169 (2019).
5. Momma K., Izumi F. IUCr Newslett., 7, 106–119 (2006).

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ СВАРНЫХ ШВОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ СТЫКОВОЙ СВАРКОЙ

Шлеенков А. С.[1], Шлеенков С. А.[1], Новгородов Д. В.[1], Губанов Я. В.[2]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: danil_@inbox.ru

METALLOGRAPHIC EXAMINATION OF DEFECTS IN WELDS PERFORMED BY BUTT WELDING

Shleenkov A. S.[1], Shleenkov S. A.[1], Novgorodov D. V.[1], Gybanov Ya. V.[2]

[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IMP UB RAS), Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

The paper presents the results of a metallographic study of longitudinal welded pipes. During vortex control, no cracks were detected. The use of a magnetic control unit revealed cracks that were measured during the study.

При производстве трубной продукции контроль качества выполняется последовательно в несколько этапов. В первую очередь это входной контроль. Следующий этап - неразрушающий контроль (НК) в производственном потоке с использованием установок (ультразвуковых, вихретоковых или магнитных), периодический выборочный контроль и исследование в заводской лаборатории (визуально-измерительный, определение механических свойств, металлографические исследование поперечных шлифов в зоне сварного соединения). Заключительный контроль неразрушаюшими методами мерных труб (выходной контроль) и гидравлические испытания.

Исследование проводилось с использованием установки магнитного контроля УМД-101М. Магнитный дефектоскоп УМД-101М в основном применяется в технологическом потоке на непрерывной трубе (диаметр контролируемых труб до 159 мм) и настраивается согласно действующим нормативным документам на искусственный дефект шириной 0,3 мм, длиной 25 мм и глубиной 0,1 от толщины стенки трубы. Внесение незначительных технических изменений позволяет перенастроить установку для входного (выходного) контроля мерных труб.

В данной работе представлены результаты исследования фрагментов прямошовных электросварных труб диаметром 48 мм из стали 10 в состоянии после изготовления, на предмет выявления поверхностных трещин малого раскрытия, обнаруженных при визуальном контроле.

Согласно полученным данным - вихретоковый дефектоскоп на проходных катушках, настроенный на максимально чувствительность, допустимую для

уровня электромагнитных шумов в зоне НК, не обнаружил трещины в металле сварного шва. Трещины были выявлены при визуально измерительном контроле на предоставленных заводом изготовителем фрагментах. Установкой магнитного контроля УМД-101М были выявлены все микротрещины на предоставленных заводом образцах.

В результате исследования было установлено, что магнитная дефектоскопия указанных труб позволяет обнаруживать трещины малого раскрытия в металле сварного шва и установки магнитного НК могут эффективно использоваться для этой цели в технологическом потоке производства.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Диагностика», № АААА-А18-118020690196-3).

1. Дорофеев А.Л., Казаманов Ю.Г. Электромагнитная дефектоскопия. – 2 изд. переработ. и доп. –М.: Машиностроение, 1980. –232 с.

2. Шлеенков А.С., Булычев О.А., Шлеенков С.А. Установка УМД-101М для автоматизированного магнитного контроля качества электросварных труб по всему объему. Дефектоскопия, 2008, № 8 , стр. 76-82.

ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ ДОБАВОК СЛОЖНООКСИДНОГО ГЕТЕРОГЕННОГО ДОПАНТА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОТОННОГО ПРОВОДНИКА $Ba_2In_2O_5$

Орлова К.А.[1], Матвеев Е.С.[1], Кочетова Н.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: chri7ti@gmail.com

INFLUENCE OF SMALL ADDITIVES OF A COMPLEX OXIDE HETEROGENEOUS DOPANT ON THE ELECTRICAL PROPERTIES OF THE $Ba_2In_2O_5$ PROTON CONDUCTOR

Orlova K.A.[1], Matveev E.S.[1], Kochetova N.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The samples in the $(1-x)Ba_2In_2O_5 \cdot xBa_2InNbO_6$ system with x=0.01-0.07 were obtained by mechanical mixing of the individual phases and treatment at different temperatures. The electrical properties of the composite samples were investigated at 270–930°C in dry and wet atmospheres.

Научный и практический интерес к классу сложных оксидов, проявляющих в сухой атмосфере кислородно-ионную, а во влажной атмосфере – протонную проводимость, обусловлен возможностью их использования в качестве

функциональных материалов твердооксидных топливных элементов. Хорошо описан кислородно-протонный проводник индат бария $Ba_2In_2O_5(V_o)_1$ с некомплектной кислородной подрешеткой (структура браунмиллерита), однако величина его проводимости низкая из-за эффектов упорядочения вакансий кислорода и снижения подвижности ионных носителей. Улучшение свойств индата бария может достигаться, например, гетерогенным допированием – созданием композитов. В работе [1] в качестве гетерогенного допанта предложен Ba_2InNbO_6, который с основной фазой образует эвтектику ($T_{эвт}$=1355°C), доказан композиционный эффект.

Целью данного исследования стало получение и изучение электрических свойств композитов на основе $Ba_2In_2O_5$ с малым (до 7 мол.%) содержанием гетерогенного допанта Ba_2InNbO_6, что не было изучено ранее.

Композиты составов $(1-x)Ba_2In_2O_5 \cdot xBa_2InNbO_6$ (x=0.01-0.05) получали методом механического смешения исходных фаз, предварительно синтезированных твердофазным методом и аттестованных РФА (D8 Advance, Bruker), с последующим компактированием и обработкой на 1300°C и 1400°C (ниже и выше температуры эвтектики) 12 ч.

Электрические свойства исследовали в двухконтактной ячейке методом импедансной спектроскопии (Elins Z-1000P, Elins) при f=100Гц–1МГц, T=270–930°C, в атмосферах с различной влажностью: $pH_2O=3\cdot10^{-5}$ атм (сухо), $2\cdot10^{-2}$ атм (влажно).

Установлено, что даже при небольшом (до 7 мол.%) количестве допанта электропроводность образцов, обработанных выше $T_{эвт}$, увеличивается, с ростом x эффект возрастает и составляет более порядка величины. Скачок электропроводности вследствие фазового перехода, характерный для $Ba_2In_2O_5$, сглаживается и смещается в низкотемпературную область. При обработке ниже $T_{эвт}$ тенденция роста электропроводности композитов сохраняется, но эффект менее выражен и составляет ~0.5 полпорядка величины. Для всех образцов электропроводность во влажной атмосфере при температурах ниже 600°C возрастет за счет появления протонной проводимости.

1. Alyabysheva, I.V., Kochetova, N.A. и др., Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, 81, 384–386 (2017).

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ХИМИЧЕСКИХ СРЕД

Кононова В.М.[1], Оруджова О.Н.[1, 2], Шинкарук А.А.[1], Попова О.Н.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия
[2)] Северный государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Архангельск, Россия
E-mail: olga.orudzhova@yandex.ru

CHANGE OF PHYSICAL PARAMETERS OF GEOSYNTHETIC MATERIAL UNDER THE ACTION OF CHEMICAL MEDIA

Kononova V.M.[1], Orudzhova O.N.[1, 2], Shinkaruk A.A.[1], Popova O.N.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia
[2)] North State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Arkhangelsk, Russia

The polymer material was tested for resistance to chemical media, which were selected as: hydrochloric acid, acetic acid, sodium chloride solution, sodium hydroxide solution. After extraction from the test fluid and drying, to change in mass, size, and appearance of the samples was determined.

В промышленном и гражданском строительстве имеется несколько направлений применения геосинтетических материалов: укрепление слабых оснований, устройство дренажных сооружений, создание ландшафта на слабых и техногенных грунтах, строительство гидротехнических сооружений и тоннелей, строительство и ремонт автомобильных дорог, укрепление грунта, насыпей, строительство мусорных свалок и другие.

Отработавшие срок сукна бумагоделательной машины, являющиеся отходами целлюлозно-бумажного производства, могут быть использованы вторично в качестве геосинтетического материала [1, 2]. Геосинтетический материал находится в контакте с грунтом, таким образом, подвергается химическому воздействию. Грунт состоит из минеральных и гумусовых веществ, воды с растворенными в ней веществами, почвенного воздуха и живых организмов. Поэтому важно оценить стойкость геосинтетического материала к действию химических сред.

Исследуемый полимерный материал подвергали испытанию на стойкость к действию химических сред, в качестве которых были выбраны: соляная кислота (10 %), уксусная кислота (5 %), 10 % раствор хлорида натрия, 1 % раствор гидроксида натрия. В ходе испытаний проводили измерение величины pH химических реагентов до и после испытания.

После извлечения из испытательной жидкости и высушивания определяли изменение массы, размеров и внешнего вида образцов.

Исследуемые образцы, находившиеся в соляной кислоте 10 % концентрации, не изменили своей массы. В случаях остальных химических реагентов отношение массы образцов после выдержки к массе исходных образцов менее 1 %. Уменьшение массы составило также менее 1 %. Изменение массы на единицу площади для используемых химических сред находится в диапазоне от 90 до 99 мг/см^2.

Линейные размеры образцов изменяются незначительно. Наиболее значительное увеличение толщины образцов наблюдается в случае применения гидроксида натрия, с одновременным незначительным уменьшением линейных размеров. Для остальных сред изменения размеров или не происходит (в растворе хлорида натрия, уксусной кислоте), или не превышает 5 % (для дистиллированной воды и соляной кислоты).

Нетканый синтетический материал рекомендуется к применению в качестве прослойки в дорожные конструкции, для армирования, разделения конструктивных слоев и в качестве дополнительной изоляции от проникновения грунтовых вод в дорожном хозяйстве.

1. Оруджова О.Н., Лесной журнал, 4, 54 (2013).
2. Potanina D.S., Orudzhova O.N., Garamov G.A., Makhin V.E., Physics, Technologies and Innovation (PTI-2018): Proceedings of the V International Young Researchers (2018).

ВЛИЯНИЕ АРМИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ДВОЙНЫХ И ТРОЙНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИАПАТИТА

Переверзев Д.И.[1], Гиниятуллин И.М.[1], Богданова Е.А.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: chemi4@rambler.ru

INFLUENCE OF REINFORCING ADDITIVES ON THE STRENGTH PROPERTIES OF DOUBLE AND TRIPLE COMPOSITES BASED ON HYDROXYAPATITE

Pereverzev D.I.[1], Giniyatullin I.M.[1], Bogdanova E.A.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Solid State Chemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The influence of whether the introduction of reinforcing components on the mechanical properties of ceramics based on hydroxyapatite after firing was established.

Керамические материалы на основе гидроксиапатита (ГАП) используют в качестве имплантатов во многих областях медицины [1, 2], однако низкая механическая прочность данного вида керамики не предполагает ее использование для ликвидации дефектов костных тканей, испытывающих регулярные значительные механические нагрузки [3]. Поэтому разработка материалов, предназначенных для реконструкции косных тканей, является одной из актуальных проблем науки о материалах. Оптимальная биологическая совместимость имплантируемого материала обеспечивается его сходством по своим физико-химическим и структурно-морфологическим характеристикам с замещаемыми им структурами. Прочностные характеристики могут быть повышены посредством армирования ГАП и его модифицированных форм дисперсными частицами неорганических соединений, например TiO_2, ZrO_2, SiO_2, Al_2O_3 и др. и их комбинации ZrO_2-Al_2O_3, Si-Al и др. [4].

В настоящей работе с целью получения упрочненной биокерамики был осуществлен синтез композиционных материалов путем механохимической активации осажденного ГАП [5] с армирующей добавкой (10-30 масс.%) в вибрационной мельнице и последующим отжигом. Для упрочнения компонентов использовали Al_2O_3 и ZrO_2, обладающие высокой механической прочностью и износостойкостью, а также SiO_2 и CaF_2.

В ходе работы оценено влияние состава композита, количества вводимой добавки и температуры отжига на линейную усадку и микротвердость полученных

материалов. Проведенные исследования позволили установить оптимальное количество армирующей добавки ZrO_2 10 масс.%, Al_2O_3 15 масс.%, SiO_2 15 масс.% и CaF_2 15 масс.%, обеспечивающее получение плотных и прочных двойных композиционных материалов на основе ГАП. Дальнейшее повышение прочности может быть достигнуто за счет введения третьего компонента в систему.

На основании полученных данных по содержанию компонентов в двойных системах был осуществлен синтез тройных композиционных материалов ГАП $SiO_2/CaF_2/Al_2O_3$ (15 масс.%) ZrO_2 (5-10 масс.%). Проведенные исследования показали, что прочностные характеристики тройных систем существенно превышают характеристики чистого ГАП, они имеют более низкие температуры начала спекания и уплотнения материала.

Таким образом, авторами были разработаны композиционные материалы на основе осажденного ГАП и соединений биогенных элементов, характеризующиеся повышенными прочностными характеристиками при сохранении биосовместимости, присущей ГАП. Такие материалы могут быть использованы в медицине для перманентных костных имплантатов.

Работа выполнена в соответствии с государственным заданием и планами НИР ИХТТ УрО РАН.

1. Т. В. Сафронова, В. И. Путляев, Наносистемы: физика, химия, математика. 4(1), 24-47 (2013).

2. K. J. L. Brug, S. Porter and J. F. Kellam, Biomaterials. 21, 2347-2359 (2000).

3. С. М. Баринов, В. С. Комлев, Биокерамика на основе фосфатов кальция, М.: Наука. 204 с. (2006).

4. A. Guidara et al. Materials Chemistry and Physics. 202. 358-368 (2017).

5. Н. А. Сабирзянов, Е. А. Богданова, Т. Г. Хонина. Патент РФ № 2406693 (2010).

SYNTHESIS CHARACTERISTIC, STRUCTURE AND CATALYTIC ACTIVITY OF PEROVSKITES $La_{0.9}M_{0.1}MnO_3$ (M – ALKALI METAL Li-Cs): EFFECT OF ION SIZE

Permiakova A.E.[1], Russkih O.V.[1], Ostroushko A.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
E-mail: nastia.permiakova@yandex.ru

Complex oxides with perovskite structure La-x$M_{0.1}MnO_{3\pm y}$ (M = Li, Na, K, Rb, Cs) were synthesized by pyrolysis of polymer-salt compositions. Physico-chemical properties (morphology, phase composition) of obtained complex oxides were investigated. The dependence of temperature of pyrolysis, compositi

Lanthanum manganite with a perovskite-type structure finds application, including for example, in catalog properties protection of the atmosphere from industrial emissions of toxic substances. Complex oxide materials based on lanthanum manganite doped with alkali metal ions presents interest in the use for the oxidation of soot. In addition, the characteristics and conditions of the synthesis of these compounds are important.

Complex oxides with perovskite structure $La_{1-x}M_{0.1}MnO_{3\pm y}$ (M = Li, Na, K, Rb, Cs) were synthesized by pyrolysis of polymer-salt compositions. They were obtained as ultrafine powders and as a coat on a substrate. Nitrates of appropriate metals and polyvinyl alcohol or polyvinylpyrrolidone were used as initial substances, taken in stoichiometric amount of combustion reaction. Were synthesized compositions with double excess polymer to study the effect synthesis conditions on the properties of complex oxides. Characteristics of the pyrolysis process (temperature, composition of waste gases, thermochemical charge generation) were investigated in order to examine the impact of the synthesis conditions on the properties of the obtained materials. Foamed nickel (pore diameter 2-3 mm) was used as substrate. It was preheated at 550°C in order to obtain NiO before the formation of complex oxide on its surface. Intermediate layer provided better adhesion of complex oxide and protected the substrate from degradation.

Physico-chemical properties of obtained complex oxides were investigated. Phase composition was identified by X-ray powder diffraction (diffractometer Bruker D8 ADVANCE, CuKα), morphology – scanning electron microscope AURIGA CrossBeam (Carl Zeiss NTS), specific surface – automatic analyzer TRISTAR 3020 (Micromeritics). Catalytic activity was investigated for the reaction of soot oxidation.

Experiments were performed in open air reactor at fixed temperature (200-450°C, step 50°). The «real soot» which is formed in the conditions of incomplete combustion of fuel was taken. Tight contact between particles of soot and complex oxide (fourfold excess) was realized. The technique of applying soot over the catalytic layer was worked out to study the catalytic activity of the coated samples.

It was found that the introduction of alkali metals in the structure of $LaMnO_{3\pm y}$ leads to the formation of solid solutions on its basis thus reflections of other phases

were not detected. The introduction of alkali metal ions increases catalytic activity lanthanum manganite, which grows nonmonotonically with increasing ionic radius alkali metals from lithium to cesium, correlating with thermal stability their carbonates. This indicates the mechanism of catalytic oxidation of soot on $La_{1-x}M_{0.1}MnO_{3\pm y}$ with the formation of intermediate unstable carbonate-like complexes.

The research results were funded by RFBR according to the research project № 19-03-00230, and were obtained in the framework of the state task of the Ministry of Education and Science of Russia (project №4.6653.2017/8.9) and UrFU program of competitiveness enhancement (project code 14.594.21.0011).

1. Ostroushko A. A., Sennikov M. Y. Thermochemical charge generation in polymer-salt films as a function of temperature //Russian Journal of Inorganic Chemistry. – 2008. – Т. 53. – №. 8. – С. 1172.
2. Ostroushko A. A., Sennikov M. Y. Thermochemical charge generation in polymer-salt films //Russian journal of inorganic chemistry. – 2005. – Т. 50. – №. 6. – С. 933-936.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ Al-Ti-Ni-Mo, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Пономаренко А.А.[1], Красиков С.А.[1]

[1)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: naglec301188@mail.ru

RESEARCH OF THE FEATURES OF PHASE FORMATION OF COATINGS OF THE Al-Ti-Ni-Mo SYSTEM, OBTAINED BY PLASMA SPRAYING METHOD

Ponomarenko A.A.[1], Krasikov S.A.[1]

[1)] Institute of Metallurgy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

In this work, we studied the microstructures of coating samples of the Al-Ti-Ni-Mo system, and also carried out an x-ray phase analysis to determine the phases of the components of the system. The alloy was obtained by aluminothermic reduction of oxides in a resistance furnace. By supersonic plasma

В данной работе были изучены микроструктуры образцов покрытий системы Al-Ti-Ni-Mo, а также проведен рентгенофазовый анализ для определения фаз компонентов системы. Сплав был получен алюминотермическим восстановлением оксидов в печи сопротивления [1]. Полученный образец был измельчен до крупности 40-160 мкм в вибрационном измельчителе. Затем, методом

сверхзвукового плазменного напыления с добавлением воздуха и его смеси с метаном, в качестве плазмообразующего газа, получили образцы покрытий Al-Ti-Ni-Mo на пластинках из стали Ст45 размером 100x15x1 мм [2]. Далее были проведены исследования покрытий с помощью электронного микроскопа (SEM) Carl Zeiss EVO 40, предназначенного для получения изображений объектов в “прямых” электронах и электронах обратного рассеяния. Рентгенофазовый анализ продуктов выполняли на дифрактометре XRD 7000 (Shimadzu).

На рисунке 1 представлено изображение покрытия сплава Al-Ti-Ni-Mo на стальной подложке с увеличением в 1000 раз. Можно увидеть неоднородный пластинчатый характер слоя, достаточно плотно прилегающий к пластине. В ходе эксперимента установлено, что молибден не полностью растворился, так как были замечены следы фаз $MoO_{2.8}$. Рентгенофазовый анализ порошка показал, что при алюминотермическом взаимодействии в системе TiO_2-NiO-MoO_3-Al имеется наличие фаз Al_3Ti, Al_3Ni_2, а также сложного соединения Al_6MoTi.

Изучены химический и фазовый состав данного покрытия. Согласно данным РФА установлено, что в сплаве Al-Ti-Ni-Mo полученном алюминотермическим способом, образуются устойчивые интерметаллические соединения Al_3Ni_2, Al_3Ti и Al_6MoTi. Непосредственно на покрытиях наряду с фазой Al_3Mo образуется твердый раствор соединений $Ti_{0.4}Ni_{0.27}Al_{0.33}$ и $(Ni_{23}Ti_2)_{0.16}$.

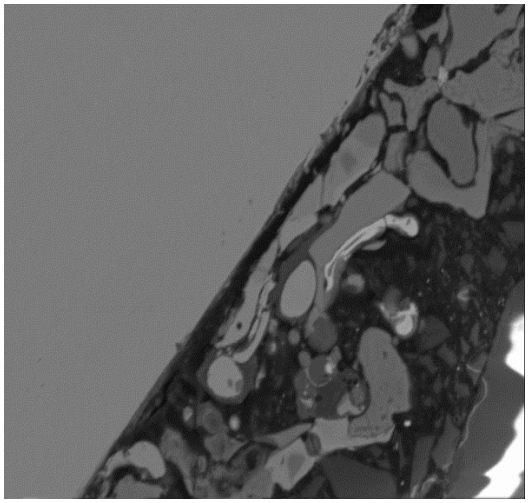


Рис. 1. Микрофотография разреза пластинки сплава Al-Ti-Ni-Mo с увеличением в 1000 раз

1. Schmidtt S.R., Franzen H.F. Nthalpies of formation in the tantalum-sulfur and tantalum-aluminum systems. // Journal of the less-common metals. – 1986. - V.116. - p. 78.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА НАНОЧАСТИЦ В УГЛЕРОДНОЙ ОБОЛОЧКЕ Fe@C МЕТОДОМ ЯМР

Прокопьев Д.А.[1], Гермов А.Ю.[1], Михалёв К.Н.[1], Уймин М.А.[1], Ермаков А.Е.[1], Конев А.С.[1]

[1)] Институт физики металлов им. М. Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия
E-mail: prokopev.dima@mail.ru

NMR STUDY OF PHASE COMPOSITION OF CARBON ENCAPSULATED Fe@C NANOPARTICLES

Prokopyev D.A.[1], Germov A.Yu.[1], Mikhalev K.N.[1], Uimin M.A.[1], Yermakov A.E.[1], Konev A.S.[1]

[1)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The nanoparticles Fe@C obtained by gas-phase method and annealed at a temperature of 800 ^{0}C in a vacuum chamber were studied. The average size of nanoparticles determined was 9 nm. The NMR, x-ray diffraction, magnetization and high-resolution electron microscopy data were obtained. Analysis of the 5

Магнитные наночастицы со структурой типа металлическое ядро-углеродная оболочка представляют интерес с фундаментальной точки зрения и могут найти своё практическое применение в спинтронике, сенсорных устройствах, суперконденсаторах [1], в качестве катализаторов химических реакций [2], а также в медицине, как контрастные агенты МРТ или для адресной доставки лекарств [3]. Отдельный интерес обусловлен изменением магнитных и химических свойств, в зависимости от размеров, формы и состава наночастиц [4].

Углеродная оболочка защищает биологические ткани от воздействия токсичных металлов группы железа, а также обеспечивает стабильность частиц при контакте с химически агрессивными средами [5]. Однако, важно знать не только толщину, но и фазовый состав этого покрытия, так как графеновые слои, содержащиеся в составе углеродной оболочке, например, могут механически повредить живые ткани.

Наночастицы Fe@C были приготовлены методом газофазного синтеза. Для получения однородных частиц без примеси оксидов, был проведён высокотемпературный отжиг (800С) в вакуумной камере в течении 1 часа.

Совместно с результатами рентгеновской дифракции и магнитной восприимчивости, приводятся спектры ЯМР ^{57}Fe, ^{13}C. На основе приведённых данных проведен комплексный фазовый анализ.

Согласно полученным данным на ядре ^{57}Fe в наночастицах Fe@C присутствуют фазы металлического α-Fe (35.7%), твердого раствора Fe-C (13.7%) и

карбида Fe_3C (5.4%). Анализ спектра ЯМР ^{13}C показал, что оболочка состоит из стеклоподобного углерода.

Работа выполнена в рамках государственных тем «Функция» № АААА-А19-119012990095-0, «Магнит» No АААА-А18-118020290129-5 и «Сплавы» № АААА-А19-119070890020-3)

1. Sharoyan E.G., et al., J. of Contemporary Phys., 52, 147 (2017)
2. Erokhin A.V. et al., Russ. J. Phys. Chem. 88, 12 (2014)
3. Demin A.M. et al., Langmuir, 34, 11, 3449 (2018)
4. Xiaobai Wang, et.al., Journal of MMM 489, (2019)
5. Mikhalev K.N. et al., Physics of the Solid State, 59, 3, 514 (2017)

АЛГОРИТМ ОБРАЗОВАНИЯ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ТЕКСТУРЫ В НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ПРИ ТМСР

Резник П.Л.[1], Данилов С.В.[1], Редикульцев А.А.[1], Лобанов М.Л.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: s.v.danilov@urfu.ru

FORMATION ALGORITHM OF CRYSTALLOGRAPHIC TEXTURE IN LOW-CARBON STEEL IN TMCP

Reznik P.L.[1], Danilov S.V.[1], Redikultsev A.A.[1], Lobanov M.L.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Using the mathematical apparatus of matrix analysis it is shown the solution of the problem of occurrence during the γ→α-phase transformation of a specific small set of texture components that is owing to the grains nucleation of new phase at the borders of coincidence site lattice – Σ3.

Важным фактором, который необходимо учитывать при производстве и аттестации прокатанных листов, а также изготовлении и эксплуатации труб, является анизотропия прочностных и пластических свойств, обусловленная кристаллографической текстурой [1, 2]. В работах [3, 4] показано, что существенную роль в процессах разрушения листов трубных сталей играет не интегральная текстура изделия, а одна из ее слабых компонент – (001)[110]. Для развития трещины важным является наличие достаточно протяженных областей с соответствующей ориентировкой по своей длине, превышающей критический размер трещины.

При контролируемой термомеханической обработке (ТМСР) листов низкоуглеродистой стали на станах 5000 для магистральных трубопроводов [5] формирование текстуры происходит в результате двух последовательно реализованных процессов: горячей деформации аустенита и сдвигового фазового превращения при регулируемом охлаждении. За счет реализации определённых напряженно-деформационных условий при контролируемой изотермической прокатке с большой степенью обжатия (более 90 %) по всей толщине листа формируется структура, состоящая из вытянутых в направлении прокатки деформированных аустенитных зерен. Они характеризуются наличием стабильных для ГЦК-решетки девяти ориентировок, а именно: (011)[100], две из {011}<211>, две из {011}<111>, две из {112}<111>, две из {4 4 11}<11 11 8>.

Сдвиговое γ→α–превращение должно происходить с выполнением определенных ориентационных соотношений (ОС) Нишиямы-Вассермана (Н-В) или Курдюмова-Закса (К-З). В результате γ→α-превращения и отсутствия ограничений на места зарождения новой фазы из одной ориентировки аустенита может возникать 12 (при выполнении ОС Н-В) или 24 (при выполнении ОС К-З) ориентировок аустенита.

Таким образом, общее число возникших в результате ТМСР ориентировок феррита может составить величину несколько меньшую 9х12 (или 9х24), что связано с совпадением части возникающих ориентировок в силу кубической симметрии системы. Очевидно, что при реализации подобного процесса, невозможно существование какой-либо выраженной текстуры в материале, претерпевшем сдвиговое γ→α-превращение. Однако исследования листов трубных сталей, прошедших ТМСР, показывает наличие выраженной текстуры [3, 5]. Последнее предполагает наличие неких структурных факторов, существенно ограничивающих возникновение всех возможных ориентаций кристаллитов при фазовой перекристаллизации [5].

В данной работе с использованием математического аппарата матричного анализа проведено теоретическое исследование особенностей возникновения в листовой малоуглеродистой низколегированной трубной стали, прошедшей ТМСР, определенной малокомпонентной кристаллографической текстуры при фазовом γ→α-превращении, предполагающем большую вариабельность компонент. Установлено, что это связано с зарождением зерен новой фазы на границах решетки совпадающих узлов Σ3.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента Российской Федерации Проект СП-259.2018.1.

1. Endo S., Nakata N., JFE Technical Report, 20, 1-7, (2015).

2. Sabirov I., Diego-Calderón I., Molina-Aldareguia J.M., Föjer C., Thiessen R., Petrov R.H., Materials Science and Engineering A, 657, 136-146, (2016).

3. Пышминцев И.Ю., Струин А.О., Гервасьев Г.М., Лобанов М.Л., Русаков Г.М., Данилов С.В., Арабей А. Б., Металлург, 4, 57-63, (2016).

4. Данилов С.В., Струина Е.Р., Бородина М.Д., Известия высших учебных заведений. Черная металлургия, 60, 247–249, (2017).
5. Лобанов М.Л., Бородина М.Д., Данилов С.В., Пышминцев И.Ю., Струин А.О., Известия высших учебных заведений. Черная металлургия, 60, 910–918, (2017).

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВАНАДИЙ-ЗАМЕЩЕННЫХ ВОЛЬФРАМАТОВ ВИСМУТА

Сабирова И. Э.[1], Каймиева О. С.[1], Буянова Е. С.[1], Петрова С. А.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия
E-mail: adultchild16@gmail.com

SYNTHESIS AND STUDIES PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF VANADIUM SUBSTITUTED BISMUTH TUNGSTATES

Sabirova I. E.[1], Kaimieva O. S.[1], Buyanova E. S.[1], Petrova S. A.[2]

[1)] Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The solid solutions of $Bi_{23}W_{4-x}V_xO_{46.5-\delta}$, $Bi_{22}W_{4.5-x}V_xO_{47.25-\delta}$, $Bi_{22}W_{5-x}V_xO_{48-\delta}$ (x=0; 0.3) with cubic structure have been prepared by solid state method. Thermal expansion coefficient is equal to 13×10^{-6} °C^{-1}. The electroconductivity of the substituted samples is higher than for the matrix ones.

Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки электрохимических источников энергии безопасных для окружающей среды [1]. Одними из наиболее перспективных материалов с высокой ионной проводимостью при относительно низких температурах являются вольфраматы висмута с кубической структурой флюорита [2]. Основной задачей на сегодняшний день является повышение электропроводности, механической и химической стабильности вольфраматов висмута по отношению к другим компонентам электрохимических устройств.

Поэтому целью настоящей работы является получение твердых растворов $Bi_{23}W_{4-x}V_xO_{46.5-\delta}$, $Bi_{22}W_{4.5-x}V_xO_{47.25-\delta}$, $Bi_{22}W_{5-x}V_xO_{48-\delta}$ (где x=0; 0.3) и изучение их физико-химических свойств.

Образцы были получены твердофазным методом синтеза путем ступенчатых отжигов в интервале температур 500-1000°C. В качестве исходных соединений взяты Bi_2O_3, WO_3, V_2O_5. На заключительной стадии проведена закалка образцов

с 1000°С на комнатную температуру. Аттестацию полученных порошкообразных образцов проводили с помощью рентгенофазового анализа (дифрактометр ДРОН-3, CuK_{α}-излучение), по результатам которого установлено, что все образцы обладают кубической структурой (Пр. гр. Fm-3m). Параметры элементарной ячейки рассчитаны: a($Bi_{23}W_4O_{46,5}$)= 5.569 Å; a($Bi_{22}W_5O_{48}$)= 5.549 Å.

Для выявления общих физико-химических характеристик, зависящих от температуры было проведено исследование вольфраматов висмута методами дилатометрического и термогравиметрического анализа.

Термогравиметрический анализ проводили для образцов состава $Bi_{23}W_4O_{46.5}$ и $Bi_{23}W_{3.9}V_{0.1}O_{46.5-\delta}$ в режиме нагрева на воздухе до 950°С (термоанализатор TG STA 409 PC Luxx). Полученные результаты исследования показали, что, вольфраматы висмута стабильны в данном температурном интервале.

Для проведения дилатометрического анализа образец состава $Bi_{23}W_4O_{46.5}$ был подготовлен в виде бруска, который спекали при 1000°С. Измерение проводили в интервале от 25 до 950°С в режиме нагрева-охлаждения (дилатометр DIL 402 C). По полученным результатам рассчитали значение КТР, равное $13 \cdot 10^{-6}$ K^{-1}.

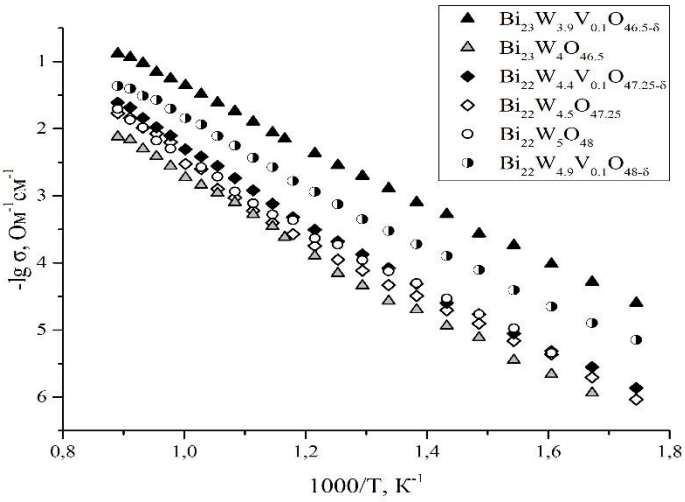


Рис. 1. Температурные зависимости общей электропроводности вольфраматов висмута

Определение общей электропроводности исследуемых образцов проводили в диапазоне температур от 850 до 300°С в режиме охлаждения методом импедансной спектроскопии (импедансметр Elins Z-3000X). Для проведения измерений образцы были подготовлены в виде брусков, спеченных при 1000°С, после чего на торцевые поверхности была нанесена мелкодисперсная платина для улучшения контакта с электродами. По полученным годографам импеданса построены температурные зависимости общей электропроводности твердых электролитов. Установлено, что наибольшими значениями электропроводности обладают составы, допированные ванадием: $Bi_{23}W_{3.9}V_{0.1}O_{46.5-\delta}$ ($\sigma_{700}(Bi_{23}W_{3.9}V_{0.1}O_{46.5-}$

$_{\delta}$)=3.26×10^{-2} Ом$^{-1}$см$^{-1}$, $\sigma_{700}(Bi_{23}W_4O_{46,5})$=1.45×10^{-3} Ом$^{-1}$см$^{-1}$.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации № 4.2288.2017/4.6.

1. Azad A.M., Larose S., Akbar S.A., Journal of Materials Science, Vol. 29, P.4135–4151.(1994)
2. Nithya V.D., Kalai Selvan R., Kalpana D., Vasylechko L., Sanjeeviraja C., Electrochimica Acta, Vol. 109, P.720– 731.(2013)

АККУМУЛИРОВАНИЕ ВОДОРОДА В ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ НА БАЗЕ НИКЕЛЯ

Звягинцева А.В.[1], Самофалова А.С.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
E-mail: samofalova.94@bk.ru

HYDROGEN STORAGE IN SOLID-STATE MATERIALS ON THE BASIS OF NICKEL

Zvyagintsev A.V.[1], Samofalova A.S.[1]
[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

The kinetics of thermodesorption of hydrogen and deuterium from Ni_x-B_y-H_z composites and $Ni_{70}In_{30}$-D_x, the activation energy value for a peak with a maximum temperature of 500 K is 2.9 eV.

В работе показана принципиальная возможность изменения водородной проницаемости свойств материала за счет создания в структуре металла ловушек водорода различного рода (структурные, примесные) для его удержания в структуре металла [1, 2]. Для экспериментального подтверждения, что в материалах, синтезированных электрохимическим методом, структурными ловушками атомов водорода служат интерметаллические соединения, взята система, не склонная к накоплению водорода и образованию химических соединений водорода с металлом в форме гидридов, это сплав Ni-In [1].

Дифрактометрически показано, что с увеличением концентрации индия в композите Ni–In формируются фазы интерметаллидов: $InNi_2$, $InNi_3$, In_3Ni_2, η-$In_{27}Ni_{10}$. Методом термодесорбции проведена регистрация количества водорода в исходных образцах и имплантированных дейтерием. Сначала регистрировалось количество водорода, включающегося в композиты в процессе их получения методом электролиза. Термодесорбция водорода наблюдается при температурах 550 и 850 К. Количество окклюдированного водорода в композитах состава 38 и 45,6 %

масс. In соответствуют 2 ат.D/ат. Мет, 4 ат.D/ат. Мет соответственно. Предельно достижимая концентрация дейтерия 2 ат. D/ат. Мет, что соответствует 5,3 мас. %.

Произведен расчет энергии активации термодесорбции, для водородного пика с температурой максимума 500 К. Получены политермы Аррениуса для двух значений показателя порядка реакции: □ =1 и □ = 2. Значение энергии активации для пика с температурой максимума 500 К составляет 2,9 эВ, что свидетельствует о невысоких энергиях извлечения изотопа водорода [1].

Возрастающий интерес представляют комплексные борогидриды металлов $Me(BH_4)n$ с их высоким содержанием водорода [3]. В присутствии бора водородная проницаемость никеля изменяется, так как в окрестности примеси замещения малого атомного радиуса – бора, встраивающегося в ГЦК решетку никеля, возникают напряжения растяжения и водород сегрегируется около бора с большим синергизмом, чем с никелем. Оценен потенциал взаимодействия атома водорода с примесной ловушкой, образованной атомом бора, который является свидетельством невысокого значения энергии комплекса «бор-водород».

Представлены результаты исследований кинетики десорбции водорода из электрохимических композитов Ni-B. Содержание водорода в образцах Ni_x-B_y-H_z (9 ат. % бора), измеренное по методу вакуумной экстракции, составило, 600 $см^3$/100 г, что значительно превышает соответствующее значение для электрохимического никеля ~100 $см^3$/100 г. Установлено, что структура спектра термодесорбции дейтерия является функцией имплантационной дозы. Содержание дейтерия для никеля соответствует соотношению Ni:D = 1:1, а для композита $Ni_{95}B_5$ [Ni_{95}:B_5]:D = 1:1,25. Для никеля формируется четко выраженный пик с температурой максимума 325 К.

1. Zvyagintseva A.V. Kinetics of hydrogen desorption from Ni – In composites, synthesized by electrochemical method /2018 International theoretical and practical conference on alternative and smart energy. TPCASE 2018 // December 6-8, 2018. – Voronezh State Technical University Voronezh, Russia. – DEStech Publications, Inc. 439 North Duke Street Lancaster, Pennsylvania 17602 U.S.A. – P.P. 359- 367.

2. Zvyagintseva A.V. Hydrogen desorption kinetics derived from electrochemical Ni-B compositions /2018 International theoretical and practical conference on alternative and smart energy. TPCASE 2018 // December 6-8, 2018. – Voronezh State Technical University Voronezh, Russia. – DEStech Publications, Inc. 439 North Duke Street Lancaster, Pennsylvania 17602 U.S.A. – P.P. 341-348.

3. Fukai Y. The Metal-Hydrogen System (Sistemmetall-vodorod) / Springer Series in Materials Science, 2005. - Vol. 21. - Berlin: Springer Verlag. - 500 p.

СЛОЖНЫЕ ОКСИДЫ ОБЩЕГО СОСТАВА $Sr_{(1-x)}Pr_xFeO_{(3-\delta)}$ И $Sr_{(2-y)}Pr_yFeO_{(4-\delta)}$

Савельева О.А.[1], Хвостова Л.В.[1], Волкова Н.Е.[1], Черепанов В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: olka_saveleva@mail.ru

COMPLEX OXIDES OF GENERAL COMPOSITION $Sr_{(1-x)}Pr_xFeO_{(3-\delta)}$ AND $Sr_{(2-y)}Pr_yFeO_{(4-\delta)}$

Saveleva O.A.[1], Khvostova L.V.[1], Volkova N.E.[1], Cherepanov V.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Single phase $Sr_{(1-x)}Pr_xFeO_{(3-\delta)}$ solid solutions were obtained at 1100°C in air within the two ranges $0.05 \le x \le 0.40$ (sp. gr. Pm3m) and $0.6 \le x \le 1.0$ (orthorhombic structure, sp. gr. Pbnm). $Sr_{(2-y)}Pr_yFeO_{(4-\delta)}$) is single-phase when y=0.8 (sp.gr. I/4mmm).

Сложные оксиды типа Раддлесдена-Поппера широко применяются в разных областях промышленности, например, в качестве катодов твердооксидных топливных элементов [1,2]. Свойства перовскитоподобных оксидов зависят от степени замещенности и содержания кислорода в образце.

Целью данной работы является изучение кристаллической структуры оксидов состава $Sr_{(1-x)}Pr_xFeO_{(3-\delta)}$ и $Sr_{(2-y)}Pr_yFeO_{(4-\delta)}$.

Синтез образцов был проведен по глицерин-нитратной технологии. Фазовый состав полученных оксидов контролировали рентгенографически. Определение параметров элементарных ячеек осуществляли с использованием программы «CelRef 4.0», уточнение – методом полнопрофильного анализа Ритвелда в программе «FullProf 2008».

Твердые растворы $Sr_{(1-x)}Pr_xFeO_{(3-\delta)}$ существуют при $0.05 \le x \le 0.4$ (кубическая ячейка пр. гр. Pm3m) и $0.6 \le x \le 1.0$ (орторомбическая ячейка пр. гр. Pbnm)

Установлено, что из всех образцов, общего состава $Sr_{(2-y)}Pr_yFeO_{(4-\delta)}$ однофазным является единственный оксид с y=0.8 (тетрагональная ячейка пр. гр. I/4mmm).

Были рассчитаны параметры и объем элементарных ячеек всех однофазных оксидов.

1. Dokiya M., Solid State Ionics, V. 152-153, P. 383-392, 2002.
2. Bouwmeester H. J. M., Catal. Tod., V. 82., P.141-150, 2003.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДИСПЕРСНЫХ ТУГОПЛАВКИХ ЧАСТИЦ ПРИ ЦЕНТРОБЕЖНОМ ЛИТЬЕ

Аникеев А.Н.[1], Алексеев И.А.[1], Чуманов И.В.[1], Сергеев Д.В.[1], Седухин В.В.[1]

[1)] ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)", Златоуст
E-mail: wadik_zlat@mail.ru

MATHEMATICAL MODELING OF THE DISTRIBUTION OF DISPERSED REFRACTORY PARTICLES DURING CENTRIFUGAL CASTING

Anikeev A.N.[1], Alekseev I.A.[1], Chumanov I.V.[1], Sergeev D.V.[1], Sedukhin V.V.[1]

[1)] FSAEI HE "SUSU (NRU)", Zlatoust

The model creation process, the process and the results of modeling the distribution of dispersed refractory particles of tungsten carbide, boron carbide and yttrium oxide when introducing them into a metal melt using the centrifugal casting technology are described.

Компьютерная модель процесса кристаллизации стали при центробежном литье с внедрением упрочняющих частиц предназначена для исследования распределительных процессов на дисперсные частицы под воздействием поля гравитационных сил после протекания процесса кристаллизации металла. Основные задачи, для решения которых предназначена данная модель:

- влияние массо-габаритных характеристик частиц на процесс их распределения в теле жидкого кристаллизующегося металла;
- влияние концентрации частиц на физические свойства получаемого изделия и характер их распределения;
- изучение вопроса смачиваемости частиц порошков различного состава матричным жидким металлом;
- изучение температурных режимов процесса литья для определения оптимальных условий и темпа литья по точности соответствия действительных результатов расчетным параметрам.

Компьютерная модель разрабатывается в среде Computer Aided Engineering (CAE) программного пакета ANSYS Fluent 16.0. Модель имеет 5 основных этапов проектирования:

- геометрическое проектирование;
- сеточное моделирование;
- настройка физической модели воздействия (физический пре-процессор);
- итерационные вычисления;
- анализ результатов вычисления (пост-процессор).

С точки зрения геометрического построения главным принципом является создание такой геометрической модели, которая позволяет осуществить протекание всех физических процессов в заданном масштабе. Необходимо заранее

определить роль всех плоскостей модели и, как минимум, создать все необходимые плоскости, предназначенные для ограничения движения веществ или являющихся их источниками или стоками. Дополнительно рекомендуется создавать модель из простейших правильных геометрических фигур для упрощения создания расчетной сетки.

Изложница выполнена в виде горизонтально расположенного цилиндра. На правом торце изложницы выполнено отверстие, соединяющее изложницу с ковшом через тороидальный носок. Изложница совершает вращение вокруг своей оси со скоростью в пределах от 500 до 1000 оборотов в минуту.

Носок выполнен в виде четверти тороидального кольца, концы которого соединяют изложницу с ковшом.

Ковш имеет цилиндрическую форму, а также имеет дополнительный элемент, являющийся дном ковша, выполненным в виде усеченного конуса для предотвращения возникновения остатка жидкого металла в ковше при его опустошении.

На рисунке представлены результаты распределения частиц WC в начальный момент разливки (через 2,5 с).

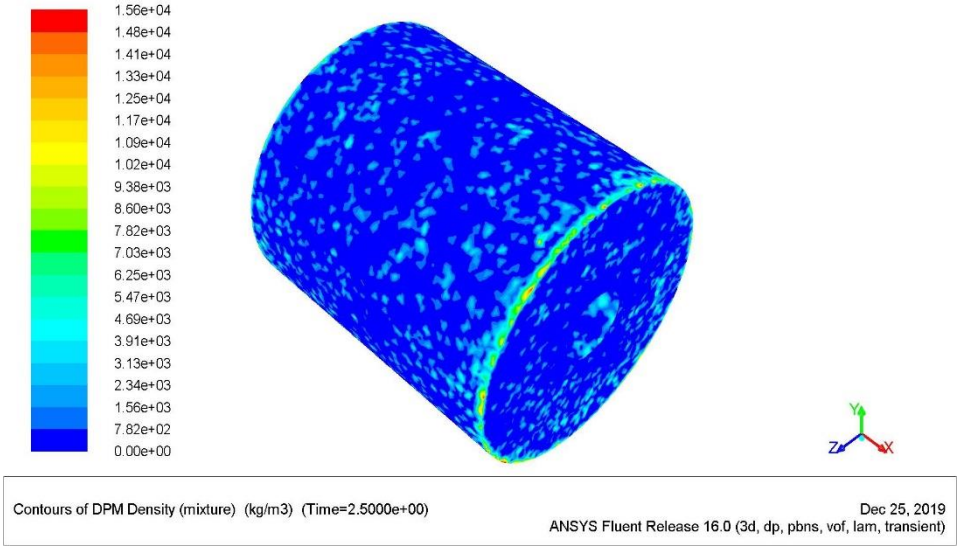


Рис. 1. Общая картина распределения частиц WC в момент 2,5 секунды (градиент описывает скопление дисперсных частиц, описываемое их плотностью)

По итогам полного моделирования можно сделать вывод о том, что при введении частиц карбидов и оксидов в металлический расплав их распределение происходит равномерно по сечению отливки. Полученные результаты являются основой для дальнейших работ по получению экспериментальных образцов металлических дисперсно-упрочненных металлов [1-3].

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках федеральной целевой программы по Соглашению №05.608.21.0276 от 4.12.2019 г. (уникальный идентификатор RFMEFI60819X0276).

1. Harris, I. R. Grain boundaries: Their Character, Characterisation and Influence on Properties / I. R. Harris, A. J. Williams. – London: IOM Communications Ltd., 2001. – 328 p.

2. Benjamin, J. S. Dispersion strengthened superalloys mechanical alloying / J. S. Benjamin, P. D. Mercer // Metallurgical and Materials Transactions A: Physical Metallurgy and Materials Science. – 1970. – Vol. 1. – № 10. – P. 2943-2951.

3. Chumanov, I. V. Preparation of precipitation-strengthened hollow billets for rotary dispersers / I. V. Chumanov, V. I. Chumanov, A. N. Anikeev // Metallurgist. – 2011. – Vol. 55(5-6). – P. 439-443.

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ АНОДОВ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ ЯЧЕЕК ГРЕТЦЕЛЯ

Селянин И.О.[1, 3], Ворох А.С.[1, 3], Степарук А.С.[2], Иргашев Р.А.[2]

[1)] ИХТТ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ИОС УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[3)] УрФУ, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: sioprostreet@mail.ru

TECHNOLOGY FOR THE FORMATION OF THIN-FILM ANODES BASED ON TITANIUM DIOXIDE FOR GRETZEL SOLAR CELLS

Selyanin I.O.[1, 3], Vorokh A.S.[1, 3], Steparuk A.S.[2], Irgashev R.A.[2]

[1)] ISSC UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[2)] IOS UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[3)] UrFU, Yekaterinburg, Russia

To obtain high conversion efficiency of solar energy in Gretzel cells, many factors must be observed: transparency of the glass, heat resistance of the conductive layer, the formation of an electrically conductive contact between the conductive layer and the photoactive anode.

Для получения высокой эффективности преобразования солнечной энергии в ячейках Гретцеля необходимо соблюдение множества факторов: прозрачность стекла, термостойкость проводящего слоя, формирование электропроводящего контакта между проводящим слоем и фотоактивным анодом, прочная адгезия анода к подложке. Основную роль в светопоглощении и фотогенерации играет краситель, однако развитая поверхность анодного материала [1], его химическая и термическая устойчивость значительно влияет на перенос носителей заряда, их рекомбинацию и в целом влияет на КПД.

В данной работе разработана технология нанесения тонкопленочных анодов на основе диоксида титана, в частности, создана оксидная паста, отработан способ её нанесения, исследована роль обработки анода раствором хлорида титана

(IV), а также влияние на прочность и сплошность слоя различных стадий термообработки – сушки и отжига. Полученные аноды исследованы методом оптической микроскопии.

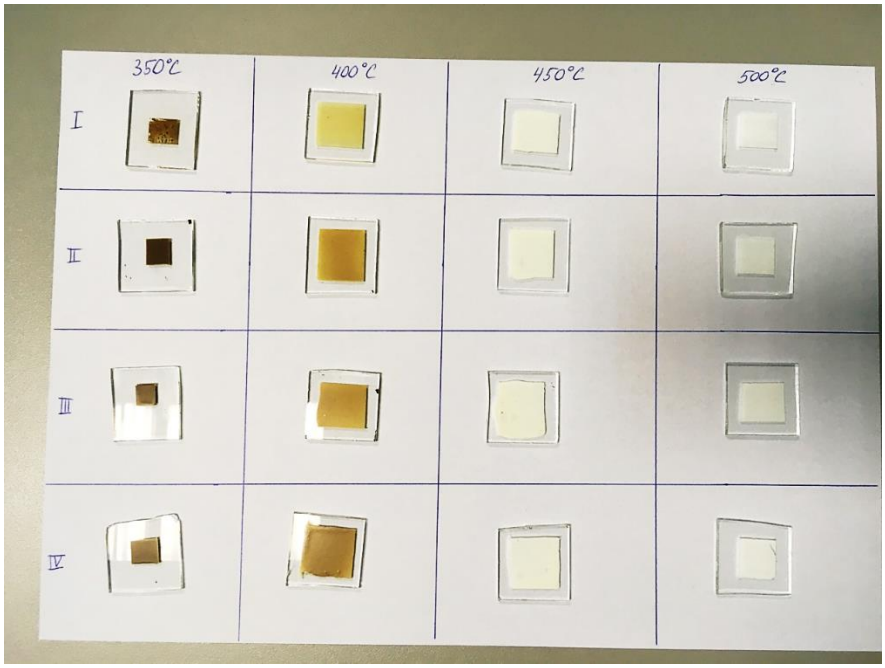


Рис. 1. Тонкопленочные аноды на основе диоксида титана

На основании полученных данных можно сделать следующий вывод: предложенный метод нанесения тонкопленочных анодов на основе диоксида титана позволяет получить прочный слой диоксида титана на поверхности проводящего стекла, установлена роль различных процедур обработки для формирования стойкого слоя TiO_2. В результате работы были сформированы слои диоксида титана толщиной порядка 10 мкм, обладающие развитой поверхностью, способной эффективно сорбировать органические красители, используемые для солнечных ячеек Гретцеля.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 17-79-20165

1. M.H.Badr, M. El-Kemary, F.A. Ali, R. Ghazy Effect of $TiCl_4$-based TiO_2 compact and blocking layers on efficiency of dye-sensitized solar cells // JOURNAL OF THE CHINESE CHEMICAL SOCIETY, V. 66, No. 5, P. 459-466 (2019)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВВОДИМЫХ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ В МЕТАЛЛЕ В ПРОЦЕССЕ ЕГО ВЫПЛАВКИ

Сергеев Д.В.[1], Аникеев А.Н.[1], Чуманов И.В.[1]

[1)] Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), г. Челябинск, Россия

E-mail: dazlatoust@inbox.ru

MODELING THE INTERACTION OF INTRODUCED DISPERSED PARTICLES IN THE METAL DURING ITS SMELTING

Sergeev D.V.[1], Anikeev A.N.[1], Chumanov I.V.[1]
[1)] Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "South Ural State University (national research university)" FSAEIHE SUSU (NRU), Chelyabinsk, Russia

This article presents the results of modeling the interaction of introduced dispersed particles in the metal during its smelting, for the possibility of obtaining composite materials resistant to the effects of radionuclides.

В ходе термодинамического моделирования были использованы как традиционные методы равновесной термодинамики, на использовании которых основан подход CALPHAD, так и модель неравновесной кристаллизации расплавов (модель Шейла-Гулливера), которая позволяет более корректно описать процесс реальной кристаллизации металлов и оксидных расплавов, нежели использование модели равновесной кристаллизации. Процесс термодинамического моделирования проводился с использование программного пакета FactSage [1-3].

Расчёт проводился для 100 г. оксидной фазы, в составе которой 39,6898 г SiO_2, 18,3948 г B_2O_3, 13,4704 г Al_2O_3, 8,1883 г Na_2O и 8,1883 г BaO.

Для моделирования взаимодействия вводимых дисперсных частиц в металле в процессе его выплавки, моделирования неравновесной кристаллизации расплава, а также моделирования стабильности структурных компонентов дисперсно-упрочненного металла в процессе его длительной эксплуатации в большинстве случаев использовалось следующее сочетание баз данных – FSstel + FACT + FToxid. Данные последних двух баз использовались при необходимости. При этом для металла с добавкой оксида иттрия были использованы базы SGTE + SGPS.

Основные результаты проведённого моделирования представлены на рисунке.

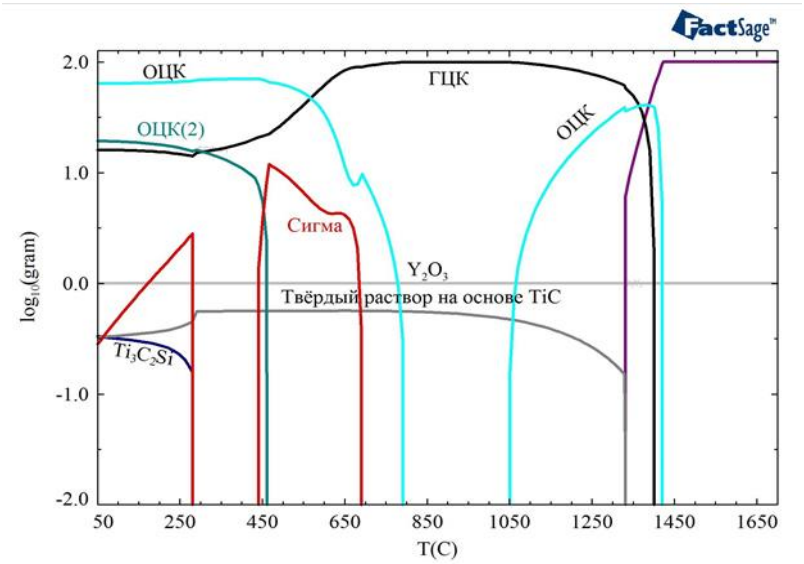


Рис. 1. Результаты моделирования равновесных фазовых составов металла с добавкой оксида иттрия в зависимости от температуры

Осуществлён комплекс работ по термодинамическому моделированию, взаимодействия вводимых дисперсных частиц в металле в процессе его выплавки;

Результаты:

В условиях выплавки металломатричных композиционных материалов карбиды вольфрама и бора могут взаимодействовать с металлическим расплавом, что может приводить к их полной диссоциации. Поэтому следует максимально сократить время контакта частиц карбидов с металлическим расплавом.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках федеральной целевой программы по Соглашению №05.608.21.0276 от 4.12.2019 г. (уникальный идентификатор RFMEFI60819X0276).

1. C.W. Bale, P. Chartrand, S.A. Degterov, G. Eriksson, K. Hack, R. BenMahfoud, J. Melançon, A.D. Pelton, S. Petersen. FactSage Thermochemical Software and Databases. Calphad, Volume 26, Issue 2, Pages 189-228.
2. C.W. Bale, E. Bélisle, P. Chartrand, S.A. Decterov, G. Eriksson, K. Hack, I.-H. Jung, Y.-B. Kang, J. Melançon, A.D. Pelton, C. Robelin, S. Petersen. FactSage thermochemical software and databases — recent developments. Calphad. Volume 33, Issue 2, June 2009, Pages 295–311.
3. C.W. Bale, E. Bélisle, P. Chartrand, S.A. Decterov, G. Eriksson, A.E. Gheribi, K. Hack, I.-H. Jung, Y.-B. Kang, J. Melançon, A.D. Pelton, S. Petersen, C. Robelin, J. Sangster, P. Spencer, M-A. Van Ende. Reprint of: FactSage thermochemical software and databases, 2010–2016. Calphad. Volume 55, Part 1, December 2016, Pages 1-19.

ВЫСОКОПОРИСТЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ $Cd_2Zr_2O_7$

Шатковский Я.А.[1], Закиров И.Ф.[1], Карташов В.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Shatyaroslav@mail.ru

HIGH-POROUS CERAMIC COMPOSITE MATERIALS BASED ON $Cd_2Zr_2O_7$

Shatkovskiy Ya.A.[1], Zakirov I.F.[1], Kartashov V.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The process of preparing a porous composite ceramic material based on gadolinium zirconate, including the synthesis of foam-cryogel with the addition of $Cd_2Zr_2O_7$ – ceramic fiber, freezing, drying and sintering was investigated.

Пористые керамические композиционные материалы на основе $Cd_2Zr_2O_7$, являются перспективным направлением в промышленности и ядерной энергетике благодаря сочетанию таких свойств, как высокая термическая, коррозионная и радиационная стойкость, низкая температура спекания и низкая теплопроводность. Могут использоваться в качестве термического барьерного покрытия, а также в качестве матричного и иммобилизационного материала для подготовки к долговременному хранению или окончательному захоронению высокоактивных отходов [1].

К одному из способов порообразования в керамике, относится проведение непосредственно в ней химической реакции, сопровождающейся выделением газа. Вязкие растворы некоторых высокомолекулярных соединений, например, ПВС обладают свойствами ПАВ, поэтому проявляют себя хорошими стабилизаторами пены [2,3]. Замораживание водного раствора ПВС и последующее его размораживание приводит к образованию упругих криогелей [4], а проведение аналогичного криогенного цикла со вспененным раствором способствует формированию пенокриогелей [5]. Одним из способов упрочнения пористых материалов является армирование.

Цель настоящей работы заключалась в совершенствовании способа получения пористой керамики. Композит получали по следующей технологии: предварительно синтезированный порошок $Cd_2Zr_2O_7$ измельчали в шаровой мельнице в водной среде. Полученную суспензию смешивали с керамическим волокном, сушили при комнатной температуре. Далее в определенном соотношении вводили 10% водный раствор ПВС с добавлением вспенивателей и проводили замораживание при -20°С в течение суток. После оттаивания и сушки на воздухе при 70°С до постоянной массы (около 5 часов) образцы материалов спекали при 1200°С в течение 1 часа.

Процесс вспенивания происходил в результате смешения хлорида аммония и нитрида натрия с водным раствором поливинилового спирта (ПВС) при постоянном перемешивании за счет протекания химической реакции с выделением газообразного азота:

$NH_4Cl + NaNO_2 \rightarrow NaCl + 2H_2O + N_2\uparrow$

Кратность образующейся пены $\beta = 5$.

Достоинства предлагаемой реакции для генерирования газов состоят в том, что она является экзотермической, а нагрев реакционной смеси способствует гомогенизации исходного раствора поливинилового спирта. Во избежание образования ликваций, порошок цирконата гадолиния и керамическое волокно вводили непосредственно перед началом активного вспенивания раствора.

Установлено, что структура пенокриогелей, размер и форма пор определяются температурой и продолжительностью криогенного структурирования, концентрацией полимера в исходном растворе, молекулярной массой ПВС и содержанием в его молекулах ацетильных группировок.

По результатам исследований выявили, что наиболее прочные образцы керамики получились в соотношении 1 : 1 ($Cd_2Zr_2O_7$: 10% водный раствор ПВС). На рисунке 1 представлен внешний вид поверхности полученного композита.



Рис.1. Поверхность пористого композита состава $Cd_2Zr_2O_7$ – керамическое волокно

1. С.Ю. Саенко, В.А. Шкуропатенко, Р.В. Тарасов, К.В. Лобач, А.Е. Сурков, Л.М. Литвиенко, А.Г. Миронова, "Высокоплотный керамический материал $Cd_2Zr_2O_7$ со структурой пирохлора для экологически безопасной изоляции РАО", Збірник наукових праць ПАТ «УКРНДІ ВОГНЕТРИВІВ ІМ. А. С. БЕРЕЖНОГО», 2015, № 115

2. Тихомиров В. К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения / В. К. Тихомиров. – Москва : Химия, 1983. – 312 с.

3. Хохлов А. Р. Лекции по физической химии полимеров / А. Р. Хохлов, С. И. Кучанов. – Москва : Мир, 2000. – 396 с.

4. Изучение криоструктурирования полимерных систем. Влияние добавок хлоридов щелочных металлов на физико-химические свойства и морфологию криогелей поливинилового спирта / В. И. Лозинский, Н. Г. Сахно, Л. Г. Дамшкалн [и др.] // Коллоидный журнал. – 2011. – Т. 73, № 2. – С. 225–234.

5. Изучение криоструктурирования полимерных систем. Влияние ПАВ на свойства и структуру газонаполненных (вспененных) криогелей поливинилового спирта / Лозинский В. И., Дамшкалн Л. Г., Курочкин И. Н., Курочкин И. И. // Коллоидный журнал. – 2005. – Т. 67, № 5. – С. 649–662.

La_2CuO_4 AS A PROMISING OXYGEN CARRIER FOR CLOU PROCESS

Shishkin R.A.[1]

[1)] Institute of Solid State Chemistry Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia
E-mail: shishkin@ihim.uran.ru

The Ruddlesden-Popper La_2CuO_4 phase was confirmed by Rietveld method under orthorhombic structure with Cmce space group. The oxygen content was determined by thermogravimetry in air and in reducing atmosphere.

The official share of world electricity produced by heat power plants amounted 60,2 percents in 2018 [1]. Since those operations are related with significant emissions of greenhouse gas a design of new ecological friendly technologies becomes an actual issue. One of them is chemical looping with oxygen uncoupling (CLOU) approach based on the using of oxygen carriers (OCs) that uptake the oxygen from air for subsequent the fuel combustion [2]. The oxygen release from OC accompanies with the partial decomposition of the oxidized form and can be expressed as:

$2Me_xO_y = 2Me_xO_{y-1} + O_2$

Then the oxygen depleted OC is transferred to air reactor for reoxidation. The overall CLOU process efficiency is highly affected by OC properties. Cu-based OCs is of a special interest due to high oxygen storages and exchange rates with the gas phase, however copper oxide particles tend to melt and agglomerate within the process which leads to decrease combustion efficiency [2-5].

The Ruddlesden-Popper phase $La_2CuO_{4\pm\delta}$ could be promising OC for the CLOU process due to the oxygen non-stoichiometry range (δ = -0,12…0,18) and stability at temperatures up to 1300 °C [6]. Oxide was synthesized by a conventional solid state route. Previously calcined lanthanum oxide at 950 °C for 12 hours and copper oxide CuO were weighted in required ratios and mixed in ethanol media. After thorough grinding the composition was pressed and fired at 950°C for 24 hours in the air. A formation of the single phase La_2CuO_4 was confirmed by X-ray powder diffraction (XRD) technique. Rietveld analysis of experimental XRD pattern was utilized in order to refine the structural parameters.

Oxygen content was studied by thermo gravimetric analysis in the air and 5% H_2 ÷ 95% Ar mixture. The value of oxygen loss of about 3,67 % at 950 °C was achieved.

The authors appreciate the support of this work within the government assignment № AAAA-A19-119110190048-7

1. A.A. Makarov, T.A. Mirtova, V.A. Kalugina, Forecast of energetics development in Russia and worldwide, 210 (2019).
2. T. Mattisson, ISRN Chemical engineering, 526375 (2013).
3. Q. Imtiaz, D. Hosseini, C. R. Muller, Energy Technol, 1, 633-647 (2013).
4. J. Adanez, A. Abad, Proceedings of the Combustion Institute, 37, 4, 4303-4317 (2019).
5. N. C. Meams, W. A. Burgess, B. H. Howard and etc. Energy Fuels, 33, 6, 5610-5619 (2019).

ВЯЗКОСТЬ РАСПЛАВА Fe12Mn2C

Синицин Н.И.[1], Чикова О.А.[1, 2], Вьюхин В.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, 620002, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский государственный педагогический университет, 620017, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: n.i.sinitsin@urfu.ru

VISCOSITY OF MELT Fe12Mn2C

Sinitsin N.I. [1], Chikova O.A.[1, 2], V'yukhin V.V.[1]

[1)] Ural Federal University, 620002, Ekaterinburg, Russia
[2)] Ural State Pedagogical University, 620017, Ekaterinburg, Russia

The temperature dependence of the kinematic viscosity of the Fe12Mn2C melt was measured. The results are discussed in the context of studying microheterogeneity and crystallization conditions of the Fe12Mn2C melt within the framework of the theory of absolute reaction rates.

Сплавы Fe-Mn-C нашли широкое практическое применение в качестве высокопрочных конструкционных материалов: сталь Гадфильда [1], TWIP и TRIP стали [2]. Изучение микрогетерогенности и условий кристаллизации расплавов Fe-Mn-C актуально для развития представлений физической химии металлургических процессов.

Вязкость металлических расплавов является наиболее структурно чувствительным свойством при идентификации их микрогетерогенности [3]. В данной работе представлены результаты экспериментального исследования кинематической вязкости расплава Fe12Mn2C.

Кинематическая вязкость расплава Fe12Mn2C измерена методом затухающих крутильных колебаний тигля [4]. Опыты проведены в режиме нагрева от температуры ликвидус до 2050 К и последующего охлаждения. Систематическая погрешность измерения ν составляла 3%, а случайная погрешность, определяющая разброс точек в ходе одного опыта, при доверительной вероятности p=0.95 не превышала 1,5%.

Результаты измерения (рис. 1) согласуются с данными, ранее полученными для стали Гадфильда [3]. Обнаружено переохлаждение расплава – 200 К, значения вязкости полученные в режиме нагрева и охлаждения совпадают в пределах погрешности измерения.

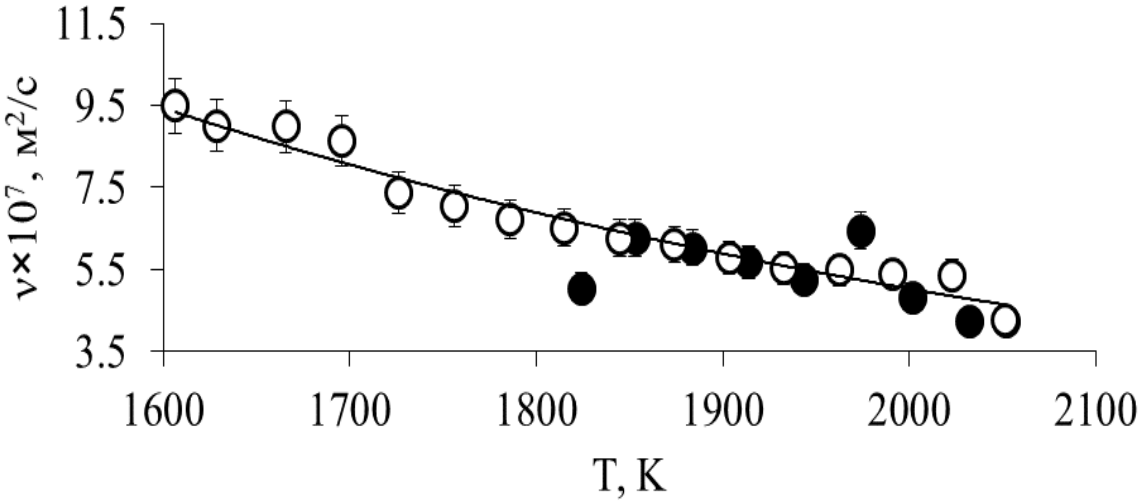


Рис. 1. Температурные зависимости кинематической вязкости расплава Fe12Mn2C:
● – нагрев, ○ – охлаждение.

Температурная зависимость кинематической вязкости расплава Fe12Mn2C может быть описана уравнением Аррениуса:

$\nu = A \exp(\varepsilon / kT)$, (1)

где $A = h/(\upsilon \cdot \rho)$ – предэкспоненциальный множитель, υ – объем на единицу структуры расплава (ион, атом или кластер), ρ – плотность расплава, h – постоянная Планка, ε – энергия активации вязкого течения, k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура.

Температурная зависимость динамической вязкости расплава Fe12Mn2C также может быть описана уравнением Андраде:

$\eta V^{(1/3)} = A \exp(c / VT)$, (2)

где V – молярный объем, A и c - константы.

Выполнен расчет кинематической вязкости расплава Fe12Mn2C в приближении модели жестких сфер с использованием аналитического выражение, полученного Дж. Димоном [5]:

$\nu = (2.408 \times [\![10]\!]^{(-8)} \mu^{(1/3)} V^{(1/3)}) / (1-1.8702\mu) (T/M)^{(1/2)}$, (3)

где μ – коэффициент упаковки, M – молярная масса.

Таким образом, свидетельств разрушения микрогетерогенности расплава Fe12Mn2C при нагреве до температуры 2050 K не обнаружено, но переохлаждение расплава на 200 K является предпосылкой получения микроструктуры слитка, подобной модифицированной, что требует дальнейшего исследования.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-33-90198

Acknowledgments: The reported study was funded by RFBR, project number 19-33-90198

1. Власов В.И., Комолова Е.Ф., Литая высокомарганцовистая сталь: свойства и производство, Из-во Машгиз, (1963)

2. Frommeyer G., Brüx U., Neumann P., ISIJ International, 43, 438-446, (2003)

3. Chikova O.A., Sinitsin N.I., V'yukhin V.V., Russian Journal of Physical Chemistry A, 93, 1435-1442, (2019)

4. Ferreira I.L., de Castro J.A., Garcia A., Continuum Mechanics and Thermodynamics, 31, 1369-1385, (2019)

5. Островский О.И., Григорян В.А., Вишкарев А.Ф., Свойства металлических расплавов, Металлургия, (1988)

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ НА СВОЙСТВА ОБЪЕМНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МАТРИЦЫ АЛЮМИНИЯ, АРМИРОВАННОЙ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОВОЛОКНАМИ

Скворцова А.Н.[1]

[1)] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), Санкт-Петербург, Россия
E-mail: hlobystic@mail.ru

THE INFLUENCE OF THE PRESSING PROCESS ON THE PROPERTIES OF ALUMINUM REINFORCED WITH CARBON NANOFIBRES

Skvortsova A.N.[1]

[1)] Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU), St.Petersburg, Russia

The work is devoted to the study of the properties of a composite material based on aluminum reinforced with carbon nanofibers (CNF). All stages of preliminary preparation of powders are considered. The dependences of the hardness and density of the material on the pressing pressure and temperature

Методы порошковой металлургии широко используются для создания объемных композиционных материалов системы алюминий-углеродные нановолокна.

Одной из основных целей введения углеродных нановолокон (УНВ) в металлическую матрицу является ее упрочнение. В научной литературе существует огромный разброс в значениях прочности композитов упрочненных УНВ. Одной из причин такого разнообразия значений является различные методы обработки, которые приводят к изменению микроструктуры, твердости и прочности. Одним из наиболее распространенных способов распределения углеродных нановолокон (УНВ) в металлической матрице является механическое диспергирование в шаровой мельнице для увеличения межфазного связи [1,2,3]. Равномерное распределение УНВ в матрице алюминия (рисунок 1) позволяет увеличить механохимические свойства композиционного материала после горячего и холодного прессования с различной степенью упрочнения.

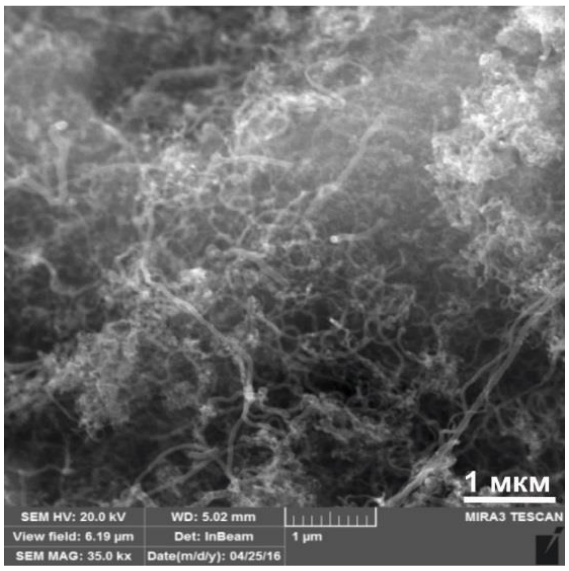


Рис. 1. Микроструктура исходного прессуемого порошка

В работе исследовались физико-механические свойства образцов с 1 масс.% УНВ при различных режимах холодного и горячего прессования. Полученные композиты при содержании углерода 1 масс.% УНВ показали увеличение твердости, прочности и износостойкости в несколько раз.

1. Kol’tsova, T.S., Shakhov, F.M., Voznyakovskii, A.A., Lyashkov, A.I., Tolochko, O.V., Nasibulin, A.G., Rudskoi, A.I., Mikhailov, V.G. Technical Physics, 2014, 59 (11), 1626-1630.

2. Breki A.D., Kol'tsova T.S., Skvortsova A.N., Tolochko O.V., Aleksandrov S.E., Kolmakov A.G., Lisenkov A.A., Fadin Y.A., Gvozdev A.E., Provotorov D.A. Tribotechnical properties of composite material «aluminum carbon nanofibers» under friction on steels 12KH1 and SHKH15, Inorganic Materials: Applied Research. 2018. Т. 9. № 4. С. 639-643.

3. Разработка технологии получения функционально – градиентных покрытий и объемных структур на основании установления закономерностей армирования углеродными нановолокнами алюминиевой матрицы», Скворцова А.Н., Толочко О.В., Кузнецов П.А., Фармаковский Б.В., Кольцова Т.С., Васильев А.Ф., В сборнике: VI Всероссийская конференция по наноматериалам с элементами научной школы для молодежи Сборник материалов. 2016., С. 517-518.

МАГНИТНАЯ СТРУКТУРА И НАНОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЕЧЕННЫХ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ Nd-Dy-Fe-B МАРКИ USC-20L

Слинкин И.В.[1], Чикова О.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: i.v.slinkin@urfu.ru

MAGNETIC STRUCTURE AND NANOMECHANICAL PROPERTIES OF SINTERED PERMANENT MAGNETS Nd-Dy-Fe-B USC-20L

Slinkin I.V.[1], Chikova O.A.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

Using scanning electron microscopy (EDS analysis), a metallographic study of the microstructure of sintered rare-earth NdFeB magnets USC-20L was performed. The results are discussed from the standpoint of modern ideas about additive manufacturing materials.

Спеченные редкоземельные магниты NdFeB обладают уникальными магнитными свойствами благодаря высокому энергетическому произведению $(BH)_{max}\geq 50$ МГс*Э основной фазы $Nd_2Fe_{14}B$. Магниты NdFeB как магнитотвердые материалы представляют собой естественные гетерогенные системы, их перемагничивание осуществляется путем задержки роста зародышей обратной магнитной фазы. Перемагничивание происходит путем необратимого вращения вектора намагниченности, поскольку размеры зерен фазы $Nd_2Fe_{14}B$ в частицах порошка, как правило, незначительно превышают размер абсолютной однодоменности интерметаллида $Nd_2Fe_{14}B$. Однако коэрцитивность реализует только 12% анизотропии соединения $Nd_2Fe_{14}B$. Чтобы повысить коэрцитивность, используются такие элементы как Dy, поскольку соединения $Dy_2Fe_{14}B$ демонстрируют более высокую анизотропию поля, чем соединение $Nd_2Fe_{14}B$. Добавление Dy уменьшает намагниченность насыщения и значение $(BH)_{max}$. Существует два способа повышения коэрцитивной силы: 1) получение равномерного распределения фазы богатой Nd, которая играет важную роль для очистки поверхности зерен $Nd_2Fe_{14}B$ и уменьшения областей для зарождения обратных доменов; 2) обеспечение размера зерна меньше чем размер одного домена ~0,3мм. На микроструктуру спеченных магнитов влияет каждый производственный процесс: плавка, литье, обработка водородом (HD), измельчение, магнитное прессование, спекание и термообработка. Технология литейного производства “стрип-кастинг” (SC) является одним из лучших способов получения слитков Nd-Fe-B с равномерным распределением фазы богатой Nd и малым размером зерна. Из-за высокой скорости охлаждения во время затвердевания сплавы Nd-Fe-B имеют мелкие зерна $Nd_2Fe_{14}B$, декорированных ламелями богатыми Nd. При обработке

водородом богатая Nd фаза легко поглощает водород и увеличивает объем, что приводит к появлению и развитию микротрещин на границах зерен. В данной работе проведено качественное и количественное изучение микроструктуры магнитов Nd(Dy)FeB марки USC-20L, полученных с использованием технологии “стрип-кастинг” (SC).

Металлографическое исследование микроструктуры спеченных редкоземельных магнитов Nd(Dy)FeB марки USC-20L проводили с помощью аналитического автоэмиссионного растрового электронного микроскопа Merlin (CarlZeiss, Германия). Для визуализации морфологии поверхности магнитов использовали детектор вторичных электронов Эвернхарта-Торнли.

Исследование микроструктуры поверхности магнита Nd(Dy)FeB марки USC-20L обнаружило наличие характерной для полученных данным способом сплавов структуры, в которой однодоменные зерна фазы $Nd_2Fe_{14}B$ разделены ламелями фаз, обогащенных неодимом (рис. 1). Включения Nd - 29.1%Fe - 6.2%C - 2.2%O - 1.4%Dy дислоцированы в тройных стыках зерен $Nd_2Fe_{14}B$. Включения Nd - 4.5%Fe - 9.1%O - 6.7%C - 4.5%Fe - 2%Dy видимо содержат оксиды Nd и Dy, обладающих наибольшим сродством к кислороду. Химический состав зерен - Fe - 25%Nd - 6.9%C - 1.6%Dy - 1.4%B.

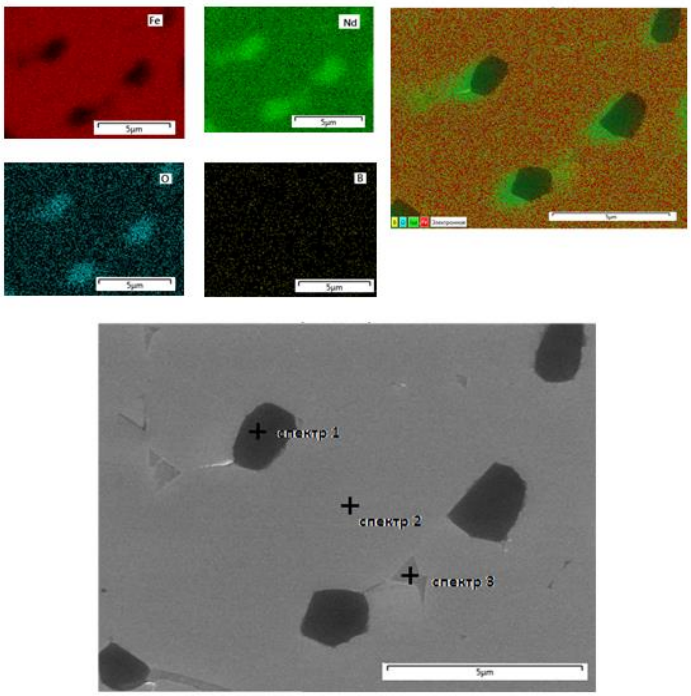


Рис. 1. Микроструктура поверхности спеченных редкоземельных магнитов NdFeB марки USC-20L. EDS-анализ в виде карт распределения элементов и идентификация фаз по химическому составу (вес.%): спектр 1 Nd - 4.5%Fe - 9.1%O - 6.7%C - 4.5%Fe - 2%Dy; спектр 2 Fe - 25%Nd - 6.9%C - 1.6%Dy - 1.4%B: спектр 3 Nd - 29.

Исследование выполнено с использованием оборудования УЦКП «Современные нанотехнологии» Института естественных наук и математики Уральского федерального университета.

1. Vasilenko D.Yu., Shitov A.V., Vlasyuga A.V., Popov A.G., Kudrevatykh N.V., Pechishcheva N.V. Microstructure and properties of Nd – Fe – B alloys produced by strip casting and of permanent magnets fabricated from them. Metal Science and Heat Treatment. 2015. Vol. 56. No. 11-12. P.585-590.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕТЛИ МАГНИТНОГО ГИСТЕРЕЗИСА ДЛЯ АНАЛИЗА КОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ СТАЛИ

Соколов Р.А.[1], Новиков В.Ф.[1], Муратов К.Р.[1]

[1)] ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень, Россия
E-mail: falcon.rs@mail.ru

APPLICATION OF MAGNETIC HYSTERESIS LOOP FOR ANALYSIS OF CORROSION PROPERTIES OF STEEL

Sokolov R.A.[1], Novikov V.F.[1], Muratov K.R.[1]

[1)] Federal State Budget Educational Institution of Higher Education « Industrial University of Tyumen», Tyumen, Russia

The paper analyzes the influence of the structural-phase state of steel after quenching and tempering on corrosion and magnetic properties. The main causes of accelerated corrosion as a result of the emergence of galvanic corrosion pairs of micro and macro scales are considered.

Во время эксплуатации стальных вертикальных резервуаров (РВС) предназначенных для хранения нефтепродуктов часто возникают случаи, когда через некоторое время эксплуатации резервуар оказывается полупустым, а вокруг места его установки наблюдается разлив продуктов [1]. Основной причиной подобных ситуаций является процесс коррозионного разрушения происходящих в локальной области.

Наиболее распространенными методами контроля коррозионных свойств стали являются: гравиметрический, металлографический, методы определения электрохимического потенциала и др. [2,3]. Недостатком названных методов является то, что они требуют много времени, а некоторые из них имеют большую погрешность.

Исходя из данных фактов целью представляемого исследования является оценка возможности использования петли магнитного гистерезиса стали для увеличения достоверности магнитного контроля ее коррозионных свойств. Для этого, в попытке использовать петлю магнитного гистерезиса в максимальном объеме был предложен метод спектрального анализа квазистатических петель

гистерезиса [4], позволяющий проанализировать неиспользуемые в обычных методах параметры.

Исследования проводились на серии образцов изготовленных из стали 45Х, отпущенных при различных температурах. Проведены коррозионные испытания в пятипроцентном растворе соляной кислоты и в пятипроцентном растворе серной кислоты. В виду различия механизмов растворения в этих кислотных средах при различных вариациях структурно-фазового состава материала, выводы по полученным результатам необходимо делать относительно рабочей агрессивной среды.

На образцах стали 45Х до коррозионных испытаний с помощью структуроскопа DIUS-1.15M были получены петли магнитного гистерезиса, которые в свою очередь Фурье-преобразованием представлены в виде гармоник А1, А3, А5, А7 (в относительных единицах). Полученные амплитуды некоторых гармоник удовлетворительно коррелирует с коррозионной убылью массы образцов. Для повышения точности контроля был проведен поиск различных комбинаций гармонических составляющих входящих в состав комплексных параметров Р1 и Р2 (рисунок 1).

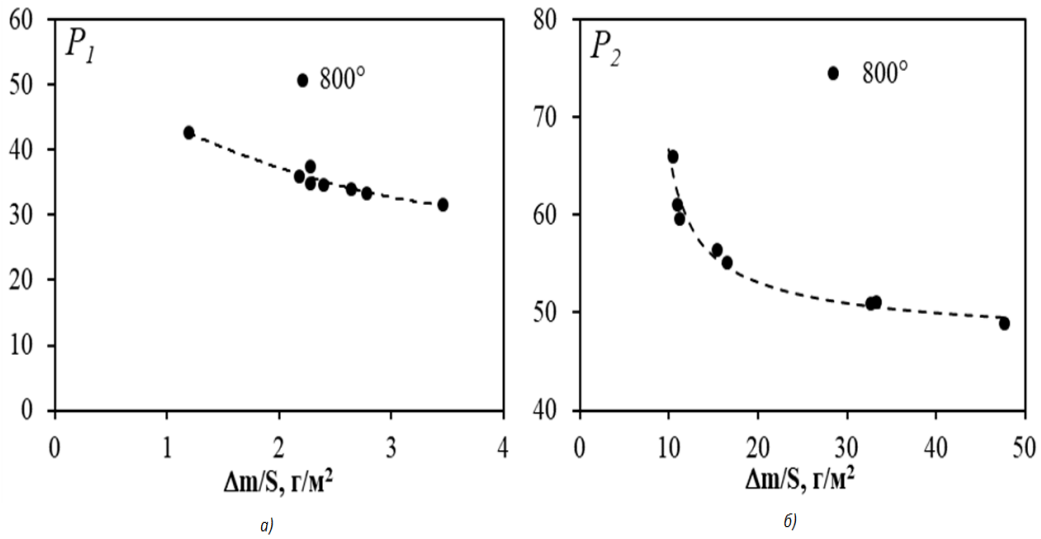


Рис. 1. Зависимость комплексных параметров Р1 и Р2 от удельной коррозионной убыли массы образцов стали 45Х в растворах соляной (а) и серной (б) кислот, соответственно

В подобном случае определение коррозионной активности, анализ данных может быть сведен к задачам технической диагностики. Например, если рассматривать амплитуды гармоник А1, А3, А5, А7 как оси координат в некотором пространстве признаков [5] то параметры Р1 и Р2 приобретают геометрический смысл и представляют собой функции преобразования пространства признаков в диагностическое пространство [5]. Положение в этом пространстве отражает соответствующую коррозионную активность образца.

1. Нестеров Д., Сидорчук М., Миллионщиков В., Беликова Т., Ястребова Н. Коррозия резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов / ТехНадзор. 2015. № 11 (108). С. 540-541.

2. Улиг Г.Г., Реви Р.У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику: Пер. с англ. / Под ред. А.М. Сухотина. – Л.: Химия, 1989. – Пер. изд., США, 1985. 456с.

3. Белеевский В.С., Куделин Ю.И. Коррозия: теория и практика – М: Спутник+, 2011 – 275 с.

4. Novikov V.F., Sokolov R.A., Neradovskiy D.F., Muratov K.R. A technique for predicting steel corrosion resistance. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 289, Issue 1, 12. DOI:10.1088/1757-899X/289/1/012013

5. Биргер И.А. Техническая диагностика. – М.: «Машиностроение», 1978. – 240 с.

INVESTIGATION OF LINEAR OPTICAL PARAMETERS AND DIELECTRIC PROPERTIES OF PVA–ZnO NANOCOMPOSITE FILMS

Soliman T. S.[1, 2], Elkalashy Sh.I.[3], Rashad A.M.[3], Ali I.A.[3], Khater S.I.[3]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation
[2)] Benha University, Benha, Egypt
[3)] N.R.C., Atomic Energy Authority, Cairo, Egypt
E-mail: tarek.attia@fsc.bu.edu.eg

This work is devoted to prepare ZnO nanoparticles to be dispersed in a polymer matrix to obtain nanocomposite material with high refractive index to electronic applications.

Polyvinyl alcohol (PVA) based metal oxide nanocomposites has held remarkable interest by the scientific community due to their ability to combine the properties of both polymers and dopants. There are many applications of these polymer-based nanocomposites because of their electron transport, mechanical and optical properties in medical and engineering technology [1]. ZnO based polymeric nanocomposite materials have attracted scientific community because of their good transparency, high electron mobility, wide band gap (3.22 eV, at 300 K) [2].

In this study, the optical and dielectric properties of PVA/ZnO nanocomposite films were evaluated. ZnO nanoparticles were obtained by sol-gel method and then dispersed in the polymer solution by ultrasonic. The nanocomposite films were obtained via a solution casting technique. The surface morphology of the PVA/ZnO nanocomposite films were elucidated using scanning electron microscope. The optical properties were studied using UV-visible spectroscopy. The optical band gap value was found to decrease as the ZnO concentration increases in the polymer matrix. This may be attributed to the formation of localized states within the band gap due to the increase in the degree of disorder in the PVA matrix. The Urbach energy increases with the increase of the ZnO nanoparticles in the PVA matrix. This confirms the increase of disordering degree in the polymer films. The refractive index increases from 1.445 for pure PVA to 3.027

for PVA/ 2wt.% ZnO (at □=500 nm). The charge transport properties were evaluated based on the dielectric and impedance spectroscopy techniques. dielectric constant ε′ and dielectric loss ε″ values were found to increase with the increase the temperature. This testifies that the polymer films show thermally activated behavior. It creates more free volume in the polymer matrix and the orientation of the dipole simplified in the polymer films which leads to enhancement of dielectric permittivity. Low ZnO loading composite shows low dielectric value at higher frequency and behaves as a lossless material. The complex impedance spectra suggest the change in conductivity, due to the change in bulk resistance of the materials and less relaxation time. Thus, all PVA/ZnO nanocomposites behave as lossless materia

1. Bouropoulos N., et.al., Phys. Status Solidi A, 205, 2033 (2008)
2. Norton D.P. et.al., Materials Today, 7(6), 34 (2004)

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ОКСИДНОГО МАТЕРИАЛА СОСТАВА $Y_2Ba_3Fe_{3.3}Co_{1.7}O_{13+\delta}$

Соломахина Е. Е.[1], Брюзгина А. В.[1], Урусова А. С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: el.sol.11.12.1998@gmail.com

SYNTHESIS AND STUDY OF THE STRUCTURE OF THE OXIDE MATERIAL OF THE COMPOSITION $Y_2Ba_3Fe_{3.3}Co_{1.7}O_{13+\delta}$

Solomakhina E. E. [1], Bryuzgina A. V.[1], Urusova A. S.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Partial substitution of iron with cobalt $Y_2Ba_3Fe_{5-x}Co_xO_{13+\delta}$ has stabilized formation of the ordered structure. The oxygen content in the complex oxides has been determined in air over a wide temperature range by means of high-temperature thermogravimetry and iodometric titration.

Соединение состава $Y_2Ba_3Fe_{3.3}Co_{1.7}O_{13+\delta}$ носится к классу новых слоистых оксидных материалов общего состава $Ln_2Ba_3Fe_{5-x}Co_xO_{15-\delta}$ [1-2].

Данный класс соединений представляет интерес из-за наличия у них перовскитоподобной сверхструктуры, включающей не только упорядоченное расположение с катионов Y и Ba в A-подрешетке, но и близких по размеру и химической природе Co и Fe в B- подрешетке.

На сегодняшний день известно о существовании только Co-замещенного феррита иттрия-бария состава $Y_2Ba_3Fe_3Co_2O_{13+\delta}$ [2].

Поскольку в литературе нет сведений о соединении состава с меньшим содержанием кобальта. Поэтому в настоящей работе была предпринята попытка

синтезировать и изучить состав на основе феррита иттрия-бария $Y_2Ba_3Fe_{3.3}Co_{1.7}O_{13+\delta}$ на воздухе при температуре 1100ºС.

В качестве исходных компонентов для получения образца были использованы оксид иттрия Y_2O_3, карбонат бария $BaCO_3$, предварительно прокаленные для удаления адсорбированной влаги и газов, оксалат железа $FeC_2O_4*2H_2O$ и металлический кобальт Co. Металлический кобальт получали восстановлением из соответствующего оксида при 650ºС K в токе водорода.

После прокаливания в течении 12 часов при 1100ºС, оксид иттрия, вследствие его высокой гигроскопичности, вынимали из разогретой печи, охлаждали в эксикаторе и взвешивали в закрытых бюксах известной массы. Карбонат бария $BaCO_3$ так же предварительно прокаливали при температуре 500ºС в течении 8 часов.

Навески необходимых компонентов рассчитывали по известной массе Y_2O_3.

Синтез образца проводился по глицерин-нитратной технологии. Для этого навески исходных компонентов были растворены в растворе азотной кислоты при нагревании. Затем добавили эквимолярное количество глицерина $C_3H_8O_3$ и выпарили.

Полученный при этом сухой остаток медленно нагревали до 1100ºС.и выдерживали в течение 8-12 часов.

Дальнейший обжиг образца проводили при 1100ºС в течение 100 часов с промежуточными перетираниями. Заключительный отжиг проводили при 1100ºС на воздухе, с последующей закалкой на массивной металлической пластине со скоростью 500º/мин.

Фазовый состав образцов был определен с помощью рентгеновской порошковой дифракции с использованием дифрактометра Shimadzu XRD-7000 в CuK_α-излучении.

Для уточнения структуры, определенной методами рентгеновского анализа, использовался метод просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ). Исследования проводили на микроскопе JEOL JEM 2100 с гексаборидовым термоэмиссионным катодом при ускоряющем напряжении 200 кВ. Разрешающая способность составляет 0.17 нм.

Согласно результатам РФА и ПЭМ установлено, что соединение состава $Y_2Ba_3Fe_{3.3}Co_{1.7}O_{13+\delta}$ обладает тетрагональной симметрией типа «ap×ap×3ap», где ap – параметр идеального кубического перовскита.

Рентгенограмма однофазного оксида $Y_2Ba_3Fe_{3.3}Co_{1.7}O_{13+\delta}$ была проиндексирована в рамках тетрагональной симметрии пространственной группы P4/mmm с параметрами a=b=3.904(1) Å, c=11.683(1) Å .

Работа выполнена при поддержке совета по грантам Президента Российской Федерации стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам (Конкурс СП-2019) № СП-3689.2019.1«Получение новых перспективных материалов для электрохимических устройств на основе феррита иттрия-бария».

1. Kundu A.K., Lebedev O.I., Volkova N.E., Seikh Md.M., Caignaert V., Cherepanov V.A., Raveau B, Journal of Materials Chemistry, V.3(21), p. 5398–5405 (2015).
2. Lebedev O.I., Turner S., Caignaert V., Cherepanov V.A., Raveau B. Chemistry of Materials, V. 28(9), p. 2907–2911, (2016).

АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙНОГО РАЗРУШЕНИЯ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ ГТК 10-4

Рыбалко В.Г.[1], Новгородов Д.В.[1], Сурков А.Ю.[1]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН,
г. Екатеринбург, Россия
E-mail: surkov_andrey@mail.ru

ANALYSIS OF THE CAUSES IN FAILURE DESTRUCTION WORKING BLADES OF THE TURBINE GTK-10-4

Rybalko V.G.[1], Novgorodov D.V.[1], Surkov A.Yu.[1]
[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IMP UB RAS)

The aim of the work was to study the character of fractures and the quality of the material of working collapsed blades of a theater of operations using metallographic and fractographic research methods, as well as to determine the possible causes of their destruction.

Исследовались две рабочие лопатки ТВД агрегата ГТК-10-4, имеющие трещины в пере, развившимися при эксплуатации.

Целью работы являлось изучение характера изломов и качества материала рабочих разрушившихся лопаток ТВД с использованием металлографических и фрактографических методов исследований, а также определение возможных причин их разрушения.

В процессе работы проведена идентификация лопаток и оценка их внешнего состояния, определена марка материала, исследованы рельеф эксплуатационных изломов и структурное состояние материала лопаток. Исследование выполнялось с использованием методов спектрального анализа, оптической металлографии, сканирующей электронной микроскопии, испытания материала на твердость.

Внешним обследованием поверхности пера лопаток установлено, что в процессе эксплуатации лопатки подвергались ремонтным операциям (механической зачистке, сварочно-наплавочному восстановлению кромок пера).

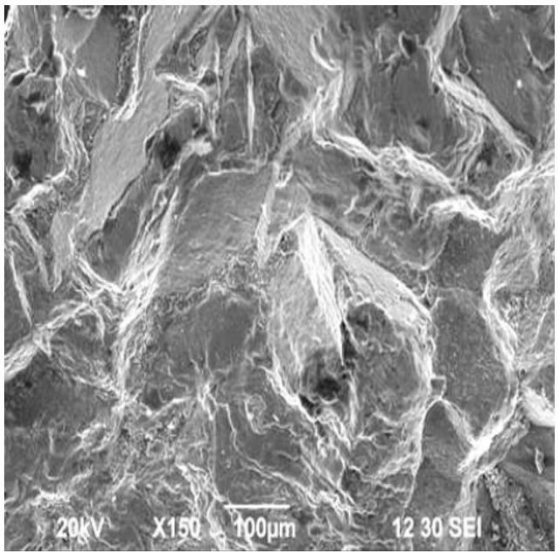


Рис. 1. Топография поверхности разрушения пера лопатки.

В результате фрактографических исследований установлено, что причиной разрушения обеих лопаток является образование и развитие усталостной трещины в направлении от выходной кромки пера к входной кромке . Разрушение лопаток в обоих случаях происходило идентично. Зарождение трещин (образование очага) произошло в приповерхностном слое металла выходной кромки по типу объёмного растрескивания от действия высоких нагрузок, соответствующих пределу прочности материала. Воздействие высоких нагрузок было кратковременным. Дальнейшее развитие трещин происходило под действием вибрационной нагрузки. Форма очага по типу объёмного растрескивания позволяет предполагать, что причиной его образования является сложное напряженное состояние в пере лопатки, возникшее в результате кратковременной перегрузки, возможно термического происхождения.

Металлографическая оценка структурного состояния металла лопаток (Сплав ЭИ893) показала, что состояние материала лопаток в зоне разрушения характеризуется неблагоприятными структурными факторами, способствующими повышению склонности материала к охрупчиванию.

На основании полученных результатов исследований сделано заключение, что вероятной причиной образования хрупких трещин в приповерхностном слое выходных кромок являлось проведение на лопатке термических (сварочно-наплавочных) ремонтных работ.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Диагностика», № АААА-А18-118020690196-3).

1. Борздыка А.М. Юбилей жаропрочного сплава // МиТОМ, 1990, № 3. с.2-10.

2. Петухов А.Н. Роль поверхностного слоя в формировании несущей способности и ресурса основных деталей ГТД и ЭУ // Авиационно-космическая техника и технология. 2009. №9(66) С.68-72

3. Исследование состояния лопаток ТВД агрегата ГТК 10-4 после различных сроков эксплуатации. Отчет о НИР/ИФМ УрО РАН-НПП “Экспертиза”, рук. Сурков Ю.П., о.4, д.2129, -Екатеринбург, 1994, -109с.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ $Sr_3Fe_{2-x}Cu_xO_{7+\delta}$

Суздалова А.В.[1], Русских О. В. [1], Пикалова Е.Ю.[1, 2], Филонова Е.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: suzdalova2017@gmail.com

INFLUENCE OF THE CONDITIONS OF PRODUCTION ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF COMPLEX OXIDES $Sr_3Fe_{2-x}Cu_xO_{7+\delta}$

Suzdalova A.V.[1], Russkikh O.V.[1], Pikalova E.Yu.[1, 2], Filonova E.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of High Temperature Electrochemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia

The materials of the $Sr_3Fe_{2-x}Cu_xO_{7+\delta}$ (x=0.0-0.3) series were obtained via a organic-nitrate method. It has been shown that pyrolysis conditions are strongly affect on the crystal structure and physico-chemical properties of the complex oxides.

Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) рассматриваются в качестве как стационарных, так и мобильных источников энергии. Высокие рабочие температуры (800-1000 °С) определяют их особые преимущества, такие как возможность использования различных видов топлива и более дешевых оксидных электродных материалов, не содержащих элементы платиновой группы. Основными задачами, которые необходимо решить на пути их успешного внедрения и увеличению срока службы ТОТЭ, являются снижение температуры таких устройств до 500-800 °С и использование более дешевых конструкционных материалов.

При разработке новых электродных материалов и материалов электролитов большое внимание уделяется условиям синтеза, так как именно протекание пиролитического процесса оказывает воздействие на такие параметры получаемых оксидов, как степень контактирования наночастиц между собой, способность порошков к спеканию и их устойчивость к дальнейшему агрегированию с сохранением высокой удельной поверхности, что немаловажно для характеристик финишного материала.

Перспективным катодным материалом для среднетемпературных ТОТЭ является сложный оксид $Sr_3Fe_2O_{7-\delta}$. Систематических исследований данного оксида с частичной заменой катионов в подрешетке железа на другие 3d-металлы ранее

не проводилось. Предполагается, что изоморфное замещение железа на медь приведет к изменению целевых характеристик $Sr_3Fe_2O_{7-\delta}$, таких как термомеханические, электрические и каталитические свойства.

Синтез $Sr_3Fe_{2-x}Cu_xO_{7+\delta}$ ($0.0 \leq x \leq 0.3$) осуществляли методом пиролиза органико-нитратных композиций. Стехиометрические количества $FeC_2O_4*4H_2O$ и CuO растворяли в концентрированной азотной кислоте, а $Sr(NO_3)_2$ - в воде. Глицин (глицерин, лимонную кислоту, ПВС) использовали в качестве хелатного агента и органического топлива при пиролизе реагирующей смеси. Смесь выпаривали, полученные порошки перетирали в среде этилового спирта и подвергали многостадийным отжигам на воздухе в интервале 850-1150°С с последующей закалкой на комнатную температуру. Максимально развивающуюся в ходе пиролиза температуру измеряли ИК-термометром Testo 835. На высушенных после пиролиза порошках $Sr_3Fe_{2-x}Cu_xO_{7+\delta}$ проводили изучение процесса термохимического генерирования зарядов высокой плотности.

Фазовый состав и кристаллическую структуру порошков $Sr_3Fe_{2-x}Cu_xO_{7+\delta}$ исследовали методом рентгеновской дифракции. Рентгенографические ис-следования проводили на воздухе при 298 К на дифрактометре ДРОН-6 в Cu-K_α-излучении в интервале углов $15 \leq 2\theta° \leq 85$. Для исследований электропроводности и термического расширения из порошков изготавливали компактные образцы. Измерение проводимости образцов проводили четырехзондовым методом на постоянном токе в воздушной среде в интервале температур 300–850ºС с помощью автоматической системы Zirconia-318. Линейное расширение образцов изучали дилатометрическим методом с использованием дилатометра Netzsch DIL 402 PC в интервале температур 200–800ºС на воздухе и в восстановительной смеси.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект 19-03-00230).

СТАБИЛЬНОСТЬ К ТЕМПЕРАТУРНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ КВАЗИКРИСТАЛЛОВ Al–Co–Ni И Al–Cu–Fe ПРИ ПРОПИТКЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сыроватко Ю. В.[1]

[1)] Днепропетровский филиал государственного учреждения «Институт охраны почв Украины», г. Днепр, Украина
E-mail: yu.syrovatko@gmail.com

STABILITY TO TEMPERATURE INFLUENCES OF Al–Co–Ni AND Al–Cu–Fe AT THE INFILTRATION OF COMPOSITES

Syrovatko Yu. V.[1]

[1)] Dnipropetrovsk Branch of Public Institution Soil Protection Institute, Dnipro, Ukraine

The heat capacity of decagonal and icosahedral phases quasicrystals of the Al–Co–Ni or Al–Cu–Fe alloys was calculated at the high temperatures. The deviation of heat capacity from the 3R Dulong-Petit value is observed, which means that these phases are stable, and decagonal phase is more stable.

В последние годы особое внимание уделяют созданию композиционных материалов, упрочненных квазикристаллическими сплавами-наполнителями [1]. Благодаря комбинации свойств пластичной связки и квазикристаллического сплава-наполнителя можно создать композиционные материалы с высокими эксплуатационными свойствами, предназначенные для работы в условиях сухого трения и действия кислых сред.

Сплав $Al_{72}Co_{18}Ni_{10}$ содержит квазикристаллическую декагональную фазу, а сплав $Al_{62}Cu_{24,5}Fe_{13,5}$ – квазикристаллическую икосаэдрическую фазу. Также в квазикристаллических сплавах присутствуют кристаллические фазы. В ходе пропитки композиционных материалов при высоких температурах в расплавленной связке преимущественно растворяются кристаллические фазы сплавов-наполнителей $Al_{62}Cu_{24,5}Fe_{13,5}$ или $Al_{72}Co_{18}Ni_{10}$ [2]. Это говорит о большей стабильности квазикристаллических фаз к температурным воздействиям по сравнению с кристаллическими. Поэтому выбор квазикристаллических наполнителей для создания композиционных материалов является перспективным. Однако квазикристаллическая икосаэдрическая фаза сплава $Al_{62}Cu_{24,5}Fe_{13,5}$ разрушается при температурах около 1100 К, что ограничивает использование данного сплава. Декагональная фаза остается стабильной до температур около 1400 К. Для объяснения этого явления рассмотрим теплоемкость фаз.

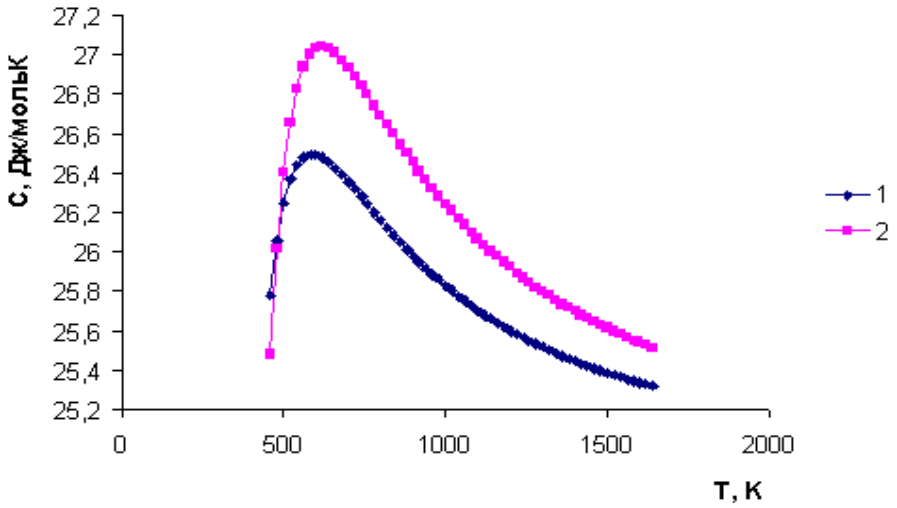


Рис. 1. Температурная зависимость теплоемкости квазикристаллической фазы: 1 – икосаэдрической фазы сплава Al–Cu–Fe; 2 – декагональной фазы сплава Al–Co–Ni.

Теплоемкость является основной энергетической величиной, отображающей стабильность фаз к температурным воздействиям. Теплоемкость квазикристаллических фаз при высоких температурах имеет повышенные значения и превышает уровень Дюлонга-Пти (25 Дж/моль·К) [3], что обусловливает большую стабильность квазикристаллических фаз. Повышенная теплоемкость декагональной фазы является следствием анизотропии ее структуры. Эти кристаллы имеют квазипериодическое строение в направлениях x и y и периодическое строение в направлении z. Свободная энергия декагональной квазикристаллической фазы будет выражаться с учетом различия дисперсионных законов [4], а именно квадратичного в плоскости xy и линейного в направлении z. Кристаллы икосаэдрической фазы имеют квазипериодическое строение во всех направлениях, соответственно дисперсионные законы будут квадратичными [4]. Используя термодинамические равенства, получим выражения теплоемкости C [5] для декагональной фазы $C=3R(1+\theta^2/4T^2-9\theta^3/40T^3+3\theta^4/20T^4-5\theta^5/56T^5)$ и для икосаэдрической фазы $C=3R(1+\theta^2/6T^2-9\theta^3/64T^3+9\theta^4/100T^4-5\theta^5/96T^5)$, где θ – температура Дебая, T – температура, R – газовая постоянная. Графики зависимости теплоемкости от температуры для декагональной и икосаэдрической фаз приведены на рис.1. Температура Дебая квазикристаллических фаз сплавов около 600 К.

Из рисунка видно, что теплоемкость декагональной фазы превышает значение 3R (25 Дж/моль·К) при температурах около 480–1400 К, а икосаэдрической – при 460–1100 К. Поэтому декагональная фаза является более стабильной, чем икосаэдрическая, что обусловливает перспективность преимущественного использования сплава Al–Co–Ni в составе композиционных материалов.

1. Zhenyuan, L., Haoran G., Haiou Q., Applied Mechanics and Materials, 55, 1022-1027 (2011).

2. Суховая Е. В., Сыроватко Ю. В., Вісник Дніпропетровського університету. Серія ракетно-космічна техніка, 21(4), 113-121 (2013).
3. Прекул А. Ф., Казанцев В. А., Щеголихина Н. И., Гуляева Р. И., Эдагава К., Физика твердого тела, 50(11), 1933-1935 (2008).
4. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Статистическая физика, Наука (1976).
5. Sukhova O.V., Syrovatko Yu.V., Journal of Physics and Electronics, 26(1), 35-38 (2018).

ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКИХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК С ПОМОЩЬЮ ХИМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ

Цыкарева Ю.В.[1], Капустин С.Н.[1]

[1)] Северный Арктический федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия
E-mail: aisonoka@gmail.com

ALTERATION OF ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF THIN FILMS BASED ON CARBON NANOTUBES THROUGH CHEMICAL MODIFICATION

Tsykareva Yu.V.[1], Kapustin S.N.[1]

[1)] Northern Arctic Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

Thin films based on CNTs of various types and sizes and the effect of the degree of purification and functionalization on the electrophysical properties of CNT films will be studied. A comparison of the obtained data with the previous studies' data will be made and an explanation will be offered.

Углеродные нанотрубки (УНТ) – перспективный материал для наноэлектроники и проводящих композитов за счет своих уникальных электрофизических свойств. Пленки из УНТ, функционализированных или декорированных УНТ, из полимеров с УНТ представляют большой интерес в различных сферах, в частности, для создания саморазогревающихся антиобледенительных покрытий для их использования в условиях Арктики [1]. В данной работе исследуются пленки на основе УНТ различных марок (Taunit-MD, Taunit-M и ранее не использовавшиеся в наших работах Tuball), типов и размеров. Такие пленки будут рассматриваться как перколяционная сеть. Будет изучено влияние степени очистки и степени функционализации на электрофизические свойства пленок из УНТ. Будет проведено сравнение полученных данных с данными предыдущих работ и предложено объяснение полученным данным.

Проводимость и ширина запрещённой зоны УНТ определяется в основном ее хиральностью. Ранее [2] была исследована возможность модификации этих

параметров путем прививки функциональных групп, были приведены зависимости проводимости от типа, степени функционализации и температуры и как оказалось, это позволяет значительно варьировать электропроводность перколяционной сети УНТ.

В рамках данной работы планируется получить серию образцов тонких пленок на основе УНТ, провести измерения электрофизических свойств полученных образцов тонких пленок. Полученные данные сравним с данными для трубок из работы [2]

Поскольку технологии синтеза трубок с заданной хиральностью не разработана, с помощью химической модификации можно скорректировать электрофизические свойства не только массивов УНТ, но и тонких пленок на их основе.

1. Eseev M.K., Goshev A.A., Kapustin S.N., Tsykareva Y.V., Nanomaterials. 9(11), 1584 (2019) https://doi.org/10.3390/nano9111584

2. Tsykareva Yu. V., Kapustin S. N., AIP Conference Proceedings, 2174, 020179 (2019) https://doi.org/10.1063/1.5134330

3. Елецкий А. В., УФН, 167, 945–972 (1997).

ИММОБИЛИЗАЦИЯ КОЛЛОИДНЫХ ЧАСТИЦ CdS В АНАТАЗ/БРУКИТНУЮ МАТРИЦУ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ: МИКРОСКОПИЯ, КР-СПЕКТРОСКОПИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ

Ульянова Е.С. [1], Кожевникова Н.С.[1], Ворох А.С. [1], Замятин Д.А.[2], Мурзакаев А. М.[3], Юшков А. А.[4], Еняшин А. Н. [1], Шалаева Е.В.[1]

[1)] ИХТТ УрО РАН, Екатеринбург, Россия
[2)] ИГГ им. А.Н. Заварицкого УрО РАН, Екатеринбург, Россия
[3)] ИЭФ УрО РАН, Екатеринбург, Россия
[4)] ФГБОУ ВО Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: tsivileva.yekaterina@yandex.ru

IMMOBILIZATION OF CdS COLLOIDAL NANOPARTICLES IN ANATAZ / BROOKITE MATRIX VIA SOL-GEL METHOD: HREM, RAMAN –SPECTROSCOPY, MD MODELING

Ulyanova E.S. [1], Kozhevnikova N.S. [1], Vorokh A.S.[1], Zamyatin D.A. [2], Murzakaev A. M.[3], Yushkov A.A.[4], Enyashin A.N.[1], Shalaeva E.V.[1]

[1)] Institute of Solid State Chemistry of the Ural Branch of the RAS, Ekaterinburg, Russia
[2)] The Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the RAS, Ekaterinburg, Russia
[3)] Institute of Electrophysics of the Ural Branch of the RAS, Ekaterinburg, Russia
[4)] Ural Federal University Named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

Immobilization of CdS nanoparticles in anatase/brookite matrix was performed via sol-gel route. Brookite crystallites are more preferable in the local environment of CdS particles. MD simulations explain the effect by a decrease in stability of CdS@TiO_2 composites in the series amorphous TiO_2□brooki

Композиты на основе TiO_2/CdS вызывают большой практический и научный интерес, связанный с созданием фотокатализаторов, активных в видимой области спектра, и с разработкой компонентов солнечных батарей. До недавнего времени большинство исследований было посвящено изучению матрицы TiO2 со структурой анатаза. В последнее десятилетие существенно возросло внимание к брукитной модификации TiO_2, и двухфазной матрице анатаз/брукит. Показано, что анатаз и брукит проявляют выгодное для улучшения фотоактивности различие в энергиях электронных ловушек [1]. Вместе с тем, исследований, посвященных созданию композитов TiO_2/CdS на основе анатаз/брукитной матрицы, изучению их структурных свойств и стабильности, практически нет.

В данной работе композит TiO_2/CdS синтезирован золь-гель методом из прекурсора алкоксида титана и водного коллоидного раствора CdS. Анатаз/брукитная матрица композита TiO_2/CdS получена в результате двух одновременно протекающих фазовых превращений аморфного TiO_2 в анатаз и в брукит при низкотемпературном старении геля в точке кипения дисперсионной смеси.

Структурные свойства и фазовый состав композитов исследованы методами рентгеновской дифракции, микроскопии высокого разрешения (HREM) и методом комбинационного рассеяния (КР). Для оценки стабильности синтезированных композитов методом молекулярной динамики (МД) изучена термодинамическая стабильность частиц CdS@TiO_2 типа ядро /оболочка в зависимости от структуры оболочки TiO_2 (аморфная, анатаз, брукит).

HREM и КР резонансная микро-спектроскопия показали, что в процессе низкотемпературного золь-гель синтеза наночастицы CdS эффективно иммобилизуются в трехфазную матрицу TiO_2 с нанокристаллической анатаз/брукитной и аморфной (не более 15%) структурой. Частицы CdS имеют гексагональную неупорядоченную структуру, средний размер частиц CdS составляет 5-7 нм. Признаков аморфизации CdS не наблюдается. Установлено, что с уменьшением содержания аморфного TiO_2 падает концентрация иммобилизованных частиц CdS. В композитах с минимальным содержанием аморфной фазы (менее 5%) и анатаз/брукитной матрицей (60/40), предпочтительным окружением для наночастиц CdS являются кристаллиты брукита.

Моделирование методом МД показало, что термодинамическая стабильность композита CdS@TiO_2 последовательно падает в ряду аморфный TiO_2→брукит→анатаз, и эта тенденция соответствует изменениям вкладов энергии интерфейса композитных частиц. Результаты МД моделирования полностью объясняют наблюдаемые в эксперименте эффекты влияния многофазной матрицы (анатаз/брукит с аморфной компонентой) на иммобилизацию наночастиц CdS. Композиты TiO_2/CdS, полученные золь-гель методом, демонстрируют дополнительную возможность варьирования фотоактивности, благодаря преимущественному окружению частиц CdS кристаллитами брукита.

Работа поддержана Российским научным фондом (Проект 17-79-20165) и выполнена в ИХТТ УрО РАН.

1. Vequizo J.J.M., Matsunaga H., Ishiku T., Kamimura S., Ohno T., Yamakata A., ACS Catal. 7(4), 2644-2651 (2017).

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ КАРБИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Вараксин А.В.[1], Костылев В.А.[2], Петрова С.А.[1, 3], Ремпель А.А.[1, 3]

[1)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ООО «Технологии тантала», г. Екатеринбург, Россия
[3)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: vorax@yandex.ru

PRODUCING METHOD OF HIGH ENTROPY CARBIDES OF TRANSITION METALS

Varaksin A.V.[1], Kostilev V.A.[2], Petrova S.A.[1, 3], Rempel A.A.[1, 3]

[1)] Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2)] OOO “Technologii tantala”, Yekaterinburg, Russia
[3)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In present work, a producing method for high entropy carbides in melted salts is suggested. The method was applied to the synthesis of disordered solid solution of titanium-zirconium-hafnium carbide with an equimetal composition. Attestation of prepared specimen for phase content and microstructure

В данной работе предложен метод синтеза высокоэнтропийных карбидов в солевых расплавах. Предложенный метод был испытан для синтеза твердого раствора тройного карбида титана-циркония-гафния. Для совместного синтеза карбидов было использовано явление направленного самопроизвольного переноса металлов их ионами через ионный расплав без электролиза. В электрохимическом ряду углерод в ионных расплавах находится правее практически всех карбидообразующих металлов. Поэтому в гальванопаре: (-)Me| электролит |C(+) металл является анодом, а углерод катодом, что позволяет реализовать перенос металла на углерод.

Для синтеза высокоэнтропийного карбида использовался солевой расплав KCl—KF(7%)—K2TiF6(7%) при температуре 750°C. Эквиатомная смесь порошков титана, циркония и гафния смешивалась со стехиометрическим количеством технического углерода.

Синтезированный образец исследовался методами XRD и SEM для определения его фазового состава и микроструктуры. Часть исследований выполнена на оборудовании ООО «Технология тантала» и ЦКП «Урал-М» ИМЕТ УрО РАН.

Работа поддержана государственным заданием ИМЕТ УрО РАН.

ОПТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ДЕФЕКТОВ В СЛОИСТЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ НАНОСТРУКТУРАХ

Веревкина К.Ю.[1], Яцышен В.В.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия
E-mail: verevkina_kseniya@mail.ru

OPTICAL DIAGNOSTICS OF DEFECS IN LAYERED PERIODIC NANOSTRUCTURES

Verevkina K.Yu.[1], Yatsishen V.V.[1]
[1)] Volgograde State University, Volgograd, Russia

The aim of the work is to study the properties of a plane wave incident on a layered and periodic medium with a defective layer. A basic component of a computer program for calculating the reflection coefficient and transmittance of layered nanostructures has been created. An analysis of the defect

Вопрос анализа дефектов в периодических структурах является важным, поскольку нарушение периодичности в них может приводить к рассеянию энергии электромагнитного поля на дефектах. Для описания последних была создана программа, которая получила официальную регистрацию в реестре программ для ЭВМ [1]. Программа применяется для анализа частотного спектра волны проходящей через исследуемую слоистую периодическую структуру. Проведены расчёты энергетических коэффициентов отражения и пропускания для слоистой периодической среды из следующих компонентов: слой оксида меди Cu_2O толщиной 100 нм, слой кремния Si толщиной 160 нм, слой оксида серебра Ag_2O толщиной 80 нм, слой алмаз толщиной 120 нм. Показано, что спектральная зависимость этих коэффициентов представляет собой ярко выраженную интерференционную картину. Из этой картины можно извлекать информацию о структуре слоистой периодической среды.

Используемая структура: оксид меди, кремний, оксид серебра, алмаз. Толщины слоёв: 100 нм, 160 нм, 80 нм, 120 нм. Длина падающей волны: 640 нм. Количество повторений структуры: 10 Дефект: толщина второго слоя в пятом периоде составляет 800 нм. Входные данные программы: n[N]={1,3.24,3.42,2.97,2.38 ,1},l0=640,h[N-1]= {0,100,160,80,120}, C=10, o=5, q=2, d=5.

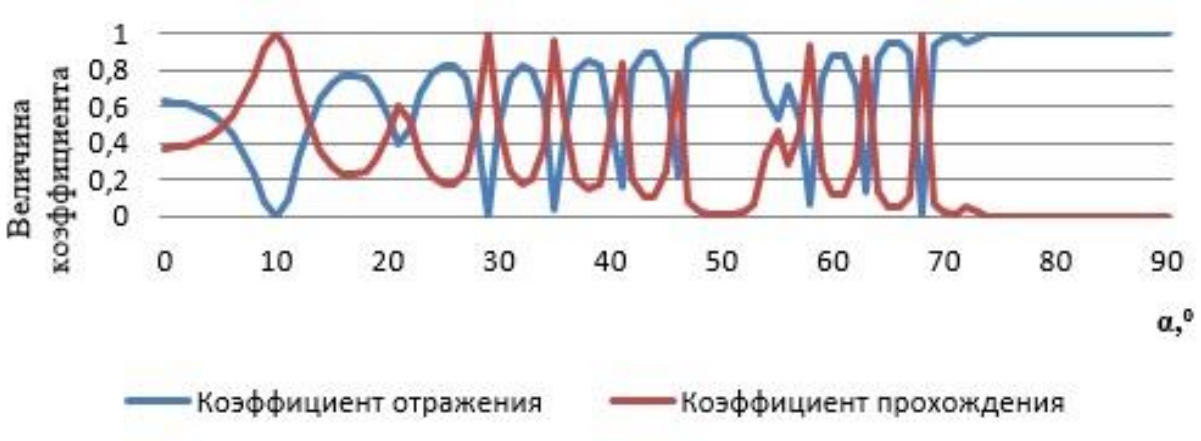


Рис. 1. Поведения коэффициентов отражения и пропускания при различных углах падения волны α, при прохождении через слоистую периодическую структуру ($Cu_2O/Si/Ag_2O/C$) с дефектом.

Полученные результаты с использованием разработанной программы для ЭВМ могут быть использованы для проведения спектрального анализа при исследовании слоистых периодических сред с различной конфигурацией структуры и наличием дефектов, а также анализ дефектов одномерных фотонных кристаллов.

1. Свидетельство о государственной регистрации для ЭВМ №2019614152. Программа для расчёта коэффициентов пропускания и отражения слоистых и периодических сред. Правообладатель: Веревкина Ксения Юрьевна. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 01 апреля 2019 г.

2. Борн М., Основы оптики: книга/ Борн М., Вольф Э. 2-е изд. исправ., перевод с английского/С.Н.Бреуса, А.И.Головашкина, А.А.Шубина/ под ред. Г.П.Мотулевич – Издательство «Наука», Главная редакция Физико-Математической литературы: Москва,(1973) – 66-81с.

3. Яцышен, В. В. Расчет энергетических коэффициентов отражения и пропускания для слоистых периодических сред / В. В. Яцышен, К. Ю. Веревкина, А. Н. Попов // НБИ технологии, ВолГУ. – (2019)– Т. 13, № 3. – С. 37–45.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ОКСИДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В СИСТЕМЕ Y-Ca-Co-O ПРИ 900 °C

Визнер А.С.[1], Брюзгина А.В.[1], Урусова А.С.[1], Аксенова Т.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: nastyavizner1998@gmail.com

STRUCTURE AND PROPERTIES OF OXIDES FORMED IN THE Y-Ca-Co-O SYSTEM AT 900 °C

Vizner A.S.[1], Bryuzgina A.V.[1], Urusova A.S.[1], Aksenova T.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

At present the formation of 4 solid solutions has been established: $Y_{2-z}Ca_zO_3$ ($0 \le z \le 0.1$), $Y_{1-x}Ca_xCoO_{3+\delta}$ ($0 \le x \le 0.1$), $Ca_{3-n}Y_nCo_2O_6$ ($0 \le n \le 0.75$) and $Ca_{3-k}Y_kCo_4O_9$ ($0 \le k \le 0.35$). From the data of this study, a primary isobaric-isothermal section was constructed the Y–Ca–Co–O system at 900 C in air are.

Целью исследования в данной работе являлось изучение фазовых равновесий системы Y-Ca-Co-O при 900 °C.

Синтез образцов проводили по глицерин-нитратной технологии. Для синтеза использовали оксид иттрия Y_2O_3 (ИтО-В), карбонат кальция $CaCO_3$ (ос.ч.) и металлический кобальт. Растворение образов проводили в азотной кислоте HNO_3 (квалификация ч.д.а.) с использованием лимонной кислоты (квалификация ч.д.а.) в качестве органического прекурсора. Отжиг образцов проводили при температуре 400–900˚C на воздухе.

Определение фазового состава образцов проводили при комнатной температуре с использованием дифрактометра Shimadzu XRD -7000 в CuK_α-излучении.

Структурные параметры были уточнены профильным методом Rietveld с использованием пакета Fullprof.

На данный момент установлено, что при 900ºC в системе Y-Ca-Co-O образуется 4 твёрдых раствора: $Y_{2-z}Ca_zO_3$ ($0 \le z \le 0.1$) пр. гр. Ia3, на основе кобальтита иттрия $Y_{1-x}Ca_xCoO_{3+\delta}$ ($0 \le x \le 0.1$) пр. гр. Pbnm, изучение возможности замещения Y Ca по А-подрешётке также проводилось в работе [1]; на основе кобальтита кальция $Ca_{3-n}Y_nCo_2O_6$ ($0 \le n \le 0.75$) пр. гр. R -3c, оксиды состава $Ca_{3-n}Y_nCo_2O_6$ были получены авторами [2, 3] и $Ca_{3-k}Y_kCo_4O_9$ ($0 \le k \le 0.35$) пр. гр. P 21/m.

Исходя из результатов полученных данных был построен первичный изобарно-изотермический разрез фазовой диаграммы Y-Ca-Co-O при 900 °C (Рисунок 1).

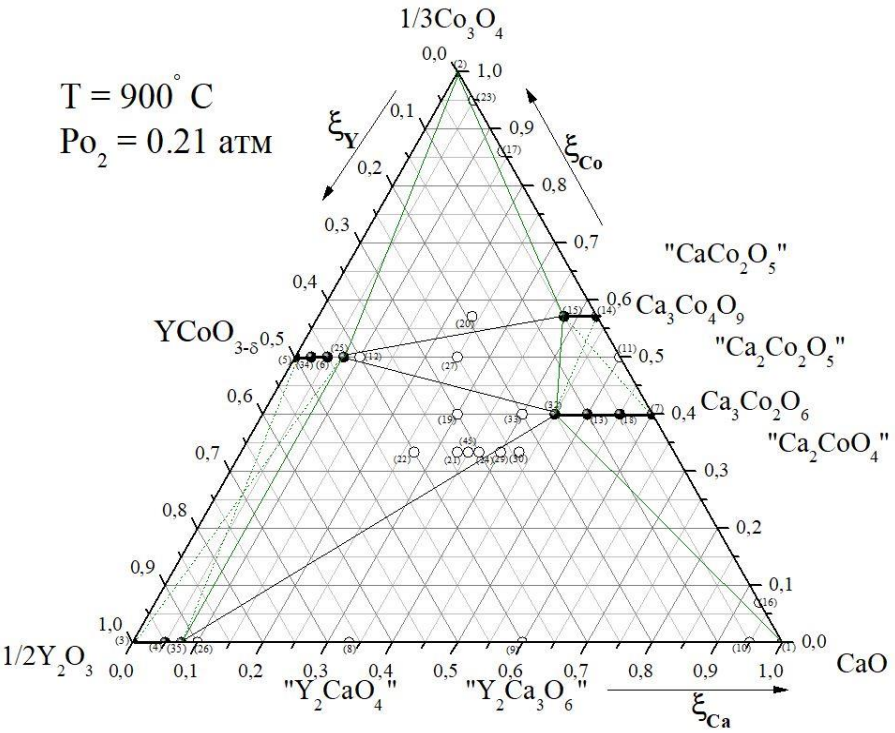


Рис. 1. Первичный разрез фазовой диаграммы Y-Ca-Co-O при 900 °C

Для твёрдого раствора на основе кобальтита иттрия $Y_{1-x}Ca_xCoO_{3+\delta}$ ($0 \le x \le 0.1$) был изучен ряд свойств: относительное линейное расширение в интервале температур 25- 900 °C и содержание кислорода методом окислительно-восстановительного титрования.

1. Y. Liu, X. Y. Qin, H. X. Xin, J. Zhang, H. J. Li, and Y. F. Wang Electrical transport and thermoelectric properties of $Y_{1-x}Ca_xCoO_3$ ($0 \le x \le 0.1$) at high temperatures // Journal of Applied Physics. 101 (2007)
2. Charles H. Hervochesa, Helmer Fjellvågb, Arne Kjekshusb, Vivian Miksch Fredenborgb, Bjørn C. Haubacka Structure and magnetism of rare-earth-substituted $Ca_3Co_2O_6$ // Journal of Solid State Chemistry. 180, 628-635 (2007)
3. Kouta Iwasaki, Hisanori Yamane, Shunichi Kubota, Junichi Takahashi, Masahiko Shimada Power factors of $Ca_3Co_2O_6$ and $Ca_3Co_2O_6$-based solid solutions // Journal of Alloys and Compounds. 358, 210-215 (2003)

ОСАЖДЕНИЕ УГЛЕРОДА В МАТРИЦЫ НАНОПОРИСТОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ

Юферов Ю. В.[1, 2], Зыков Ф. М.[1, 2], Райков Д. В.[1], Карташов В.В.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт Химии Твёрдого Тела УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: yuferovyv@gmail.com

DEPOSIT OF CARBON IN MATRIXES OF NANOPOROUS ALUMINA BY ION-PLASMA TECHNIQUE

Yuferov Y. V.[1, 2], Zykov F. M.[1, 2], Raykov D. V.[1], Kartashov V.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute Solid State Chemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia

This paper presents a study of the deposited forms of carbon on a matrix of nanoporous alumina (NAO). Carbon was deposited in the matrix by ion-plasma deposition. Depending on the geometric parameters of the matrix and the conditions of carbon deposition, coatings of various morphology are formed.

Анодные покрытия из оксида алюминия с самоупорядоченными нанопорами, привлекают широкий интерес исследователей в последнее десятилетие. Этот интерес вызван в тем что при помощи анодного окисления алюминия можно выращивать матрицы с контролируемой пористостью. При помощи таких матриц могут быть получены нановолокна, нанотрубки, наноточки, мембраны и композиционные покрытия. Большим количеством исследователей было рассмотрено множество электрохимических режимов и составов электролита для получения необходимых параметров матрицы.[1,2] Использование таких матриц обладающих наноструктурными параметрами позволяет расширить диапазон получаемых материалов. Применение ионно-плазменного напыления углерода позволяет получать различные модификации углерода на поверхности оксида алюминия в том числе широко известную модификацию карбин.[3,4] Покрытие карбинами различных матриц может быть найти применение как в упрочняющих покрытия, оптических, и фотоэлементах

В данной работе самоупорядоченный оксид алюминия был получен путем анодирования алюминия (99.7%) в комплексном электролите содержащим в себе смесь кислот, таких как борная (0.1М), лимонная(0.1М), щавелевая(0.1М) и изопропанол(10%об) в условиях постоянного напряжения 75 В, который был просушен при температуре 200 °С. В дальнейшем поверхность его была очищена путем травления в пучке аргона, с дальнейшим напылением углерода ионно-плазменным путем, согласно рекомендациям исследователей в работе.[4] Это позволило получить устойчивое покрытие, состоящее из углерода на поверхности и внутри нанопор оксид алюминиевой матрице. Полученные образцы были изучены на электронном микроскопе, которые представлены на рисунке 1.

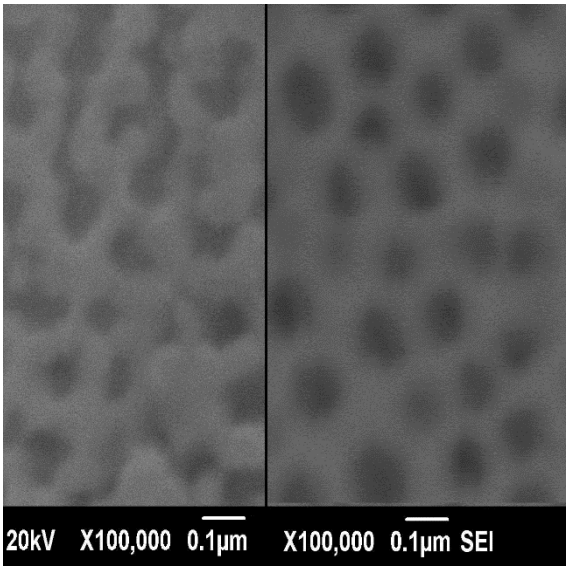


Рис. 1. – Фотография электронной микроскопии нанопористого оксида алюминия, покрытого углеродом(слева) и травленного аргоном(справа).

Из фотографий электронной микроскопии отлично видно, что морфология поверхности оксида алюминия изменилась, что непосредственно свидетельствует об осаждении углерода. Так же отмечено изменение среднего диаметра нанопор с 90±5 нм до 70±5 нм, соответственно слой осажденного углерода составляет порядка 10 нм.

1. Yuferov, Y.V., Arnautov, A.I., Chukin, A.V., Schak, A.V., Shishkin, R.A., AIP Conference Proceedings, 2174, 020188 (2019)

2. Sulka, G.D., et. al., Submicron Porous Materials, 107-156 (2017).

3. Georgakilas, V., Perman, J.A., Tucek, J., Zboril, R., Chemical Reviews, 115(11), 4744-4822 (2015)

4. Бабаев В.Г., Гусева М.Б., Савченко Н.Ф., Новиков Н.Д., Хвостов В.В., Флад П., Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, (3) 16-27 (2004)

ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫЕ СПЛАВЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Зайцева К.В.[1, 2], Юрьев А.А.[1, 2], Сидоров Н.И.[1], Рempель А.А.[1, 2]

[1)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: ms.great28@mail.ru

HIGH ENTROPY ALLOYS FOR HYDROGEN ENERGY

Zaitseva K.V.[1, 2], Yuryev A.A.[1, 2], Sidorov N.I.[1], Rempel A.A.[1, 2]
[1)] Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work, the synthesis and computer modeling of high entropy alloys (HEA) for a hydrogen energy. The computer modeling was used for the evaluation of chemical element list and chemical composition of HEA. Selected composition of four, five and six elements HEA were synthesized by the technique.

В данной работе использован высокотемпературный метод синтеза высокоэнтропийных сплавов (ВЭС) в дуговой печи в атмосфере аргона. В работе синтезированы четырехэлементный CoCrFeNi, пятиэлементный CoCrFeNiV и шестиэлементный CoCr0,03Fe0,12Ni0,3AlCu0,1 сплавы. Для синтеза использовали высокочистые металлы (не менее 99.95%). Структуру и химический состав сплавов исследовали на сканирующем электронном микроскопе, рентгенофазовый анализ образцов провели на дифрактометре. Установлено, что синтезированные сплавы имели структуры: ГЦК, ГЦК+ОЦК и ПК+ОЦК. Микротвердость (HV 50 г) сплавов составила: 374, 706 и 591, соответственно.

Состав сплавов был подобран с помощью квантово-химической молекулярной динамики в жидком состоянии при температуре 2000 К. Для проверки критерия существования ВЭС [1], основанного на близости положений и высоты первого максимума структурных функций, были рассчитаны парциальные функции радиального распределения атомов. Кроме того, были оценены полуэмпирические критерии, принятые при анализе ВЭС и основанные на данных по атомным радиусам, энтальпиям смешения и электронной плотности.

Часть исследований выполнена на ЦКП «Урал-М» ИМЕТ УрО РАН.
Работа поддержана государственным заданием ИМЕТ УрО РАН.

10. J.-W Yeh et. al. Adv. Eng. Mater 6, 299-303, (2009)

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Закиров И.Ф.[1], Иванова Ю.В.[1], Шак А.В.[1]

[1)] УрФУ, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: zif-89@mail.ru

PRODUCTION OF COMPOSITE COATINGS BASED ON ZIRCONIUM DIOXIDE

Zakirov I.F.[1], Ivanova J.V.[1], Shak A.V.[1]
[1)] UrFU, Yekaterinburg, Russia

The technology of producing composite ceramic coating based on zirconium dioxide has been developed. The method includes applying a ceramic material to metal substrates with a specially prepared surface. The sample is dried, calcined and sintered at 1200°C in vacuum.

Прогресс в развитии таких отраслей промышленности, как ракетостроение и авиация, непосредственно связан с ростом температуры эксплуатации изделий. Для защиты деталей узлов и агрегатов от перегрева, и как следствие разрушения, наиболее часто применяют материалы и покрытия тепловой защиты, которые обеспечивает температуру защищаемых конструкционных материалов в пределах нормы. Покрытия на основе диоксида циркония обладают низкой теплопроводностью, достаточной механической прочностью и хорошо противостоят циклическим воздействиям высоких температур. В настоящее время ZrO_2, частично стабилизированный Y_2O_3, находит применение в качестве теплозащитных покрытий, наносимых плазменным напылением. Однако, практически невозможным становится получение плазменных теплозащитных покрытий толщиной более 1 мм, т.к. на границе «металлическая основа – покрытие» возникают значительные по величине остаточные напряжения, приводящие к разрушению и отслоению керамического слоя [1,2].

Нами исследована возможность получения керамических слоев на основе ZrO_2-Y_2O_3 толщиной до 5 мм. Для обеспечения необходимой адгезии толстых слоев керамики была разработана технология армирования металлической поверхности. Для этого на поверхность металлической подложки в определенном порядке раскладываются спирали из металлической проволоки (нихрома). Далее пайкой с помощью высокотемпературного припоя ВПр-11-40Н их прикрепляют к поверхности подложки. Затем разрезают верхние гребни спиралей и правят образующиеся «усы» с ориентировкой в направлении перпендикулярном поверхности подложки.

На подготовленную таким образом подложку наносят подслой шликера из смеси порошков Ni и Al, взятых в мольном отношении соответственно 3:1. Далее шликер состава ZrO_2-Y_2O_3-керамическое волокно с в виде густой пасты. После покрытие сушили, проводили его подпрессовку и обжиг при температуре 1200°C

в вакууме. Внешний вид готового образца после спекания представлен на рисунке 1.

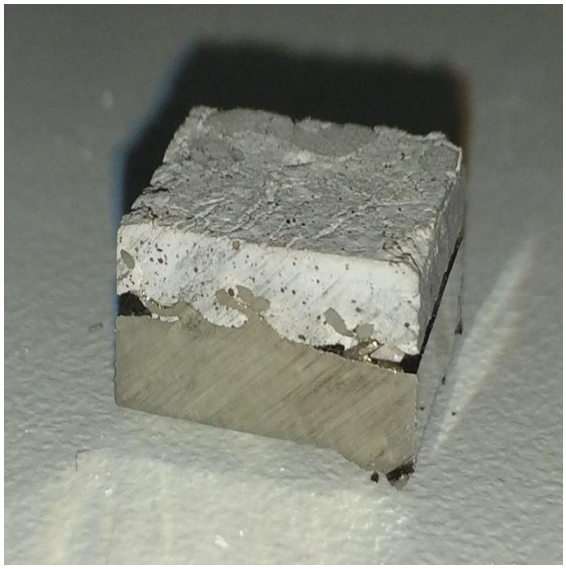


Рис. 1. Внешний вид образца с покрытием ZrO_2-Y_2O_3-керамическое волокно

В процессе вакуумного отжига при температуре 1200°С в подслое за счет экзотермической реакции взаимодействия Ni и Al происходит образование алюминида никеля - Ni_3Al, и частично на границе с подложкой алюминидов железа. Это способствует повышению адгезионной прочности керамического слоя с металлической подложкой.

По разработанной технологии были проведены испытания керамических покрытий ZrO_2-7%Y_2O_3-7% керамическое волокно толщиной 5 мм на нержавеющей стали 12Х18Н10Т в условиях термоциклирования: нагрев - струей газа 300К → 2200К в течение 5 сек, охлаждение - обдув воздухом 2200К → 300К в течение 15 сек. Результаты испытаний показали, что покрытия выдержали более 10 термоциклов без видимых нарушений.

Полученные композитные покрытия могут быть рекомендованы для использования в качестве материалов тепловой защиты. По способу нанесения покрытия получен патент.

1. Михеев С.В., Строганов Г.Б., Ромашин А.Г., Керамические композиционные материалы в авиационной технике. – М., Альтекс, (2002) – С. 184.
2. Бэкман В., Швенк В., Катодная защита от коррозии. – М., Металлургия, (1984) – С.169.

СОВМЕСТНЫЙ АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ (JPD-АНАЛИЗ) В ИССЛЕДОВАНИИ НЕОДНОРОДНОГО СТРОЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Замятин Д.А.[1, 2]

[1)] Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: zamyatin@igg.uran.ru

JOINT ANALYSIS OF IMAGES (JPD-ANALYSIS) IN THE STUDY OF INHOMOGENEOUS MATERIALS

Zamyatin D.A.[1, 2]

[1)] Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch, Russian Academy of Science, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University named after First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

Current study is devoted to development and implementation in the new software a method for quantitative joint image analysis (JPD analysis) for studying micro inhomogeneous minerals and their synthetic analogues in order to deeper understand features of the internal structure.

Внутреннее строение минералов и синтетических материалов является важнейшей характеристикой, несущей информацию об истории и условиях формирования кристалла, его сырьевом качестве и пригодности для технологических задач. Совместный анализ комплекса оптических, электронных, люминесцентных и других изображений является крайне информативным и востребованным, как правило, производится лишь на качественном уровне без автоматической обработки, что существенно ограничивает объем и содержательность извлекаемой информации. Настоящая работа посвящена развитию и применению метода количественного совместного анализа изображений (JPD-анализ [1]) для исследования микро-неоднородности природных минералов и их синтетических аналогов с целью более эффективного извлечения информации об особенностях внутреннего строения и выявления корреляционных взаимосвязей характеристик изображений с физико-химическими свойствами материалов.

Картирование зерен минералов на электронно-зондовом микроанализаторе Cameca SX100 выполнялось перемещением столика с одновременной регистрацией сигналов BSE, CL и пяти химических элементов при ускоряющем напряжении 10, 15, 25 кВ и токе пучка 4-200 нА. Картирование по параметрам спектров комбинационного рассеяния и фотолюминесценции проводилось на спектрометре LabRAM HR800 Evolution с использованием линий возбуждения 488, 514 и 633 нм и дифракционных решеток 600 и 1800 шт/мм.

Программная реализация JPD-алгоритма [1] количественного совместного анализа изображений и его улучшений выполнены на языке программирования Python с использованием модулей и библиотек numpy, scipy, plotly, matplotlib, scikit-learn, PIL (программист Киселев П.Г.). В программе использовано несколько математических алгоритмов уменьшения шумов, вносящие минимальные искажения в 2d-гистограмму; расширены алгоритмы программного совмещения изображений; реализована возможность построения JPD-гистограмм для нескольких изображений; внедрена возможность использования на JPD-гистограмме шкалы абсолютных значений и введена процедура калибровки; расширены способы разбиения множества точек JPD-гистограммы на группы; созданы инструменты анализа данных, представленных на JPD-гистограмме – анализ корреляционных зависимостей, характеристик зон (площадь, периметр и тд.).

JPD-программа применена для исследования изображений ряда микро-неоднородных минералов и их синтетических аналогов с целью извлечения информации об особенностях внутреннего строения и выявления корреляционных взаимосвязей характеристик изображений (зональность, цвет, интегральная интенсивность, количество и положение спектральных линий, их ширины, резкость границы и др.) с физико-химическими свойствами материалов (строение, основной и примесный состав, структура, пористость, ориентация кристаллической решетки, степень ее кристалличности и др.).

Работа выполнена в ЦКП УрО РАН «Геоаналитик» при финансовой поддержке гранта РНФ № №19-77-00074.

1. Замятин Д.А., Вотяков С.Л., Щапова Ю.В. Доклады Академии Наук, 485, 479-483 (2019)

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ МЕТАЛЛОТЕРМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДИОКСИДА ТИТАНА НА ФАЗООБРАЗОВАНИЕ АЛЮМИНИДОВ ТИТАНА

Осинкина Т.В.[1], Красиков С.А.[1], Русских А.С.[1], Жилина Е.М.[1], Долматов А.В.[1], Апакашев Р.А.[2], Мандана Адели[3]

[1)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Научно-технологический университет Ирана, г. Тегеран, Иран
E-mail: ezhilina@bk.ru

INFLUENCE OF CONDITIONS FOR METALLOTHERMIC REDUCTION OF TITANIUM DIOXIDE ON THE PHASE FORMATION OF TITANIUM ALUMINIDES

Osinkina T.V.[1], Krasikov S.A.[1], Russkih A.S.[1], Zhilina E.M.[1], Dolmatov A.V.[1], Apakashev R.A.[2], Mandana Adeli [3]

[1)] IMET UB RAS, Ekaterinburg, Russia
[2)] USMU, Ekaterinburg, Russia
[3)] Iran University of Science and Technology (IUST), Tehran, Iran

Phase formation features at aluminothermal reduction of Ti from their dioxide were studied using a number of methods. Al interaction with TiO_2 proceeds through the stage of TiO formation. It is characterized by the formation Ti_xAl_y intermetallics of different composition depending on Al/TiO_2 ratio

Введение в металлическую матрицу дисперсных частиц определенного состава позволяет получать композиционные материалы с высокими физико-механическими свойствами, востребованными в современной авиации, ракетно-космической технике, судостроении, автотранспорте. Дискретные наполнители могут быть введены в матрицу композиционного материала, например, методом реакционного литья (in situ процесс), где наполнитель образуется в результате реакции между расплавом матричного металла и добавками химических соединений, обеспечивающих образование различных армирующих фаз. Существенную долю высокотехнологичных металломатричных композитов в настоящее время составляют сплавы на основе алюминия, в частности, алюминий – титан, обладающие сочетанием повышенных физических и механических свойств. В настоящей работе была изучена микроструктура сплава Al-58 % Ti, полученного при алюминотермическом восстановлении диоксида титана [1] в условиях регулируемого температурного режима в печи сопротивления. Результаты металлографического и микрорентгеноспектрального анализа согласовались с данными термодинамического моделирования и показали, что в матрице сплава Ti-Al и равномерно распределяются интерметаллические соединения TiAl, Ti_2Al и $TiAl_3$ игольчатой и округлой формы размером 1-25 мкм.

1. Красиков С.А., Надольский А.Л., Пономаренко А.А., Ситникова О.А., Жидовинова С.В. Металлотермическое получение сплавов титан-алюминий в контролируемых температурных условиях // Цветные металлы. 2012. – № 6. – С. 68-71

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ТОНКИХ ПЛЕНОК Al_2O_3 МЕТОДОМ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКЦИИ

Жукова М.О. [1], Чукин А.В. [1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: mazu98@mail.ru

X-RAY DIFFRACTION INVESTIGATION OF THE CRYSTAL STRUCTURE FEATURES OF THE THIN FILMS Al_2O_3

Zhukova M.O.[1], Chukin A.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We study the crystal structure features of thin Al_2O_3 films obtained by magnetron sputtering. It shown that a mixture of α and γ phases of Al_2O_3 is formed in the film. Rietveld full-profile analysis was used to obtain phase models. Contributions of the α and γ phases of Al_2O_3 were obtained.

Al_2O_3, представляет собой полиморфный материал, находящий широкое применение в различных технологических и инженерных решениях, например, в виде тонких пленок [1]. Покрытия из α-Al_2O_3 обладают рядом уникальных свойств, таких как высокая твердость, химическая инертность и термостойкость. Однако, получение таких материалов в особенности при низких температурах – это не простая задача, требующая контроля как фазообразования, так и физических характеристик образующихся кристаллитов [1-2].

В зависимости от условий получения Al_2O_3 может существовать в различных кристаллических и аморфных модификациях. При температурах 400 - 500°С получают тонкие пленки оксида алюминия в аморфном состоянии. Последующая кристаллизация пленки достигается путем бомбардировки поверхности низкоэнергетическими ионами. При определенном уровне энергетического воздействия формируется кристаллическая фаза γ-Al_2O_3, стабильность которой зависит от температуры пленки в процессе осаждения. Наиболее интересная, термодинамически стабильная α-фаза (корунд), обычно синтезируется при температурах подложки около 1000°С. Однако использование подслоя Cr_2O_3, являющегося изоструктурным кристаллографическим шаблоном α-Al_2O_3, позволяет выращивать с помощью реактивного распыления с ионным сопровождением пленки α-Al_2O_3 при температуре подложки всего 500° [1-2]. При этом пленки, нанесенные на зародышевые слои хрома, имеют столбчатую структуру и состоят из

кристаллического α-оксида алюминия с сильной текстурой по плоскостям (300). Одной из возможных причин формирования такого покрытия является рекристаллизация под действием индуцированных ионной бомбардировкой внутренних напряжений [2]. Трудности в выращивании α-фазы Al_2O_3 при низких температурах, наблюдаемые в экспериментах, могут быть минимизированы, если мы способны в достаточной мере контролировать процесс фазообразования и рекристаллизации. С этой целью мы используем методы рентгеновской дифракции.

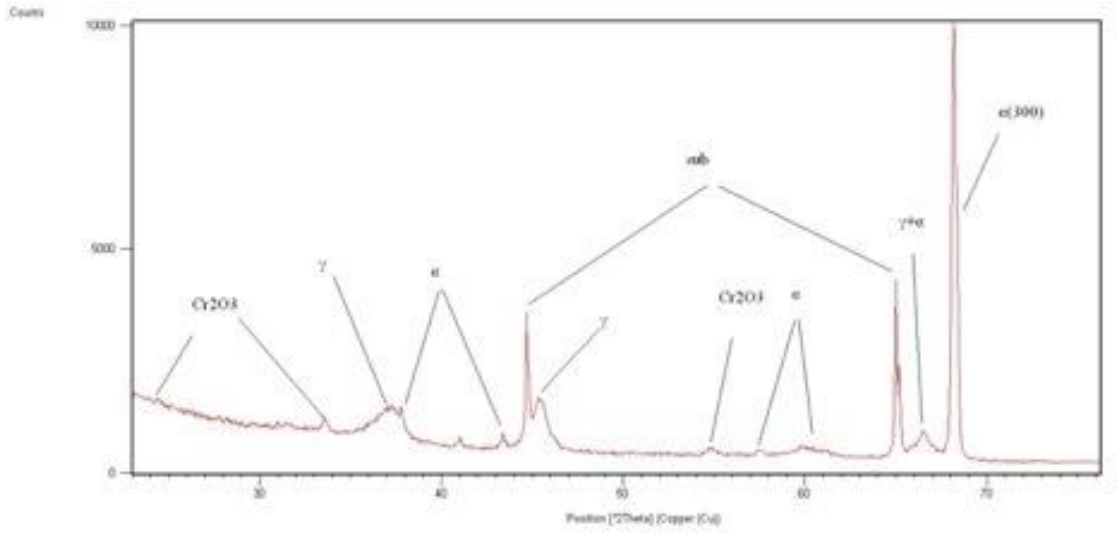


Рис.1 Фрагмент дифрактограммы

В настоящей работе рентгеновский фазовый анализ показал наличие в покрытии смеси α- и γ-фаз Al_2O_3 (рис.1).

Из-за того, что пленка синтезировалась в неравновесных условиях, интенсивности и положения рефлексов фаз несколько отличаются от табличных данных, что говорит о формировании искаженных кристаллитов с сильной текстурой. Тем не менее, использование полнопрофильного анализа Ритвельда позволило получить удовлетворительные фазовые модели соответствующих покрытий и разделить вклады от α- и γ-фаз Al_2O_3, а также определить размеры областей когерентного рассеяния, микронапряжений и коэффициентов текстурирования.

1. N.V. Gavrilov, A.S. Kamenetkikh, P.V. Tretnikov, A.V. Chukin, Ion assisted deposition of α-Al_2O_3 coatings by anodic evaporation in the arc discharge, Surf. Coat. Technol.337 (2018) 453–460.

2. K. Pedersen, J. Bøttiger, M. Sridharan, M. Sillassen, P. Eklund. Texture and microstructure of Cr_2O_3 and $(Cr,Al)_2O_3$ thin films deposited by reactive inductively coupled plasma magnetron sputtering,Thin Solid Films 518 (2010) 4294–4298.

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОТРУБЧАТОГО ОКСИДА ТИТАНА ПОКРЫТЫХ УГЛЕРОДОМ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ

Юферов Ю.В.[1, 2], Зыков Ф.М.[1, 2], Райков Д.В.[1], Карташов В.В.[1], Попов И.Д.[2]

[1)] Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт Химии Твёрдого Тела УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: yuferovyv@gmail.com

PHOTOCATALYTIC PROPERTIES OF NANOTUBE TITANIUM OXIDE COATED WITH CARBON BY ION-PLASMA TECHNIQUE

Yuferov Y.V.[1, 2], Zykov F.M.[1, 2], Raykov D.V.[1], Kartashov V.V.[1],Popov I.D.[2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute Solid State Chemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia

In this work TiO_2 nanotubes were obtained using anodization and coated by carbon using ion plasma deposition. Oxidization of organics and water is a bright application of this material. Coating conditions, material morphology, photo- and electrochemical properties of samples were studied.

Оксид титана – широко исследуемый в последние годы полупроводниковый материал. Например, он используется в фотоокислительных процессах разложения воды и органических загрязнителей. Методика анодного окисления титана позволяет получать оксид титана в форме нанотрубок на подложке металлического титана, однако ширина запрещенной зоны после термической кристаллизации может составлять от 3.0 эВ для фазы рутила до 3.2 эВ для фазы анатаза [1]. Такое значение ширины запрещенной зоны соответствует УФ диапазону, а для окисления воды необходимо всего 1.23 эВ. В тоже время, такая форма материла проявляет химическую стойкость и низкую фотодеградацию полупроводникового материала. В связи с этим, усилия исследователей направлены на модификацию оптических свойств оксида титана различными методами, для осуществления процессов поглощения фотонов с энергией менее 3.0 эВ. Одним из эффективных способов такой модификации является покрытие и допирование полученного оксида титана углеродом, так как он обладает свойствами поглощения света видимого диапазона.

В данной работе было проведено исследование недопированного нанотрубчатого оксида титана, полученного анодированием металлического титана и допированного при помощи ионно-плазменного метода осаждения углерода. Нанотрубки оксида титана получены с использованием органического электролите (этиленгликоль с добавлением воды(2.3%об) и фторида аммония(1.5%об)), при постоянном напряжении 40В в течение 40 мин. Поскольку полученные нанотрубки обладают аморфной структурой, была использована термообработка на воздухе при 400 °С, со скоростью нагрева 1°С/мин, для получения фазы

анатаза.[1] Углерод осаждался путем ионно-плазменного осаждения на установке УВНИПА-1-001 согласно рекомендациям, приведенным в ранее опубликованной работе [2], с предварительной стадией чистки поверхности ионами аргона, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) микрофотографии материала приведены на рисунке 1.

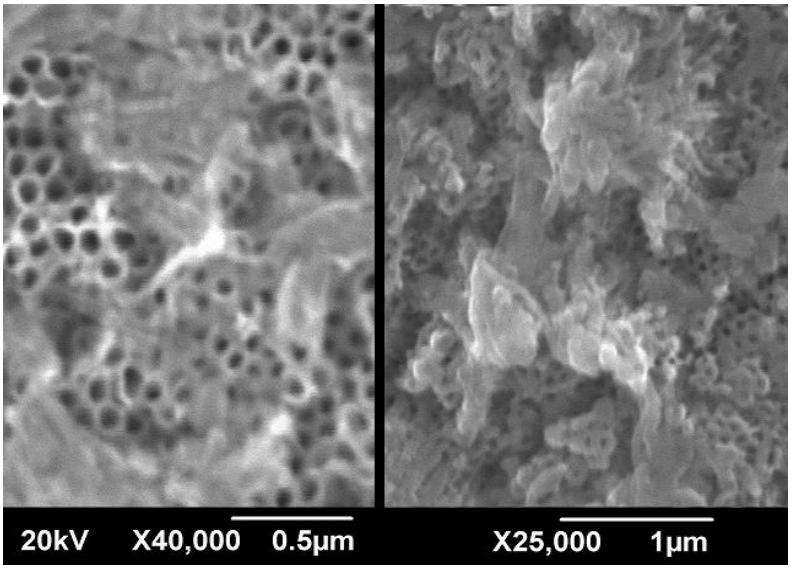


Рис. 1. Микрофотографии образцов нанотрубок оксида титана после травления аргоном (слева) и с осажденным углеродом (справа).

Из снимков СЭМ видно, что углерод осажденный таким путем при заданных режимах осаждения садится как на поверхность, так и на внутреннюю поверхность нанотрубок оксида титана. Исследователями отмечается, что ширина запрещенной зоны композитного материала с углеродом может составлять не более 2,8 эВ [2], однако форма углерода осаждаемого на оксид титана, зависящая от параметров ионной пушки, оказывает непосредственное влияние на оптические и фотоокислительные параметры материала. Таким образом, возможно изменение области эффективной работы фотоокислительного материала в сторону видимого диапазона спектра электромагнитных волн.

1. Kapusta-Kołodziej, J., Chudecka, A., Sulka, G.D., Journal of Electroanalytical Chemistry, 823, 221-233 (2018).

2. В.Г.Бабаев, М.Б.Гусева, Н.Ф.Савченко, Н.Д.Новиков В.В.Хвостов, П.Флад, Поверхность, 3, 16-27 (2004).

3. Ji L., Zhang Y., Miao S., Gong M., Liu X., Carbon 125, 544-550 (2017).

СЕКЦИЯ 6

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

СТОХАСТИЧЕСКОЕ РАЗРУШЕНИЕ ОСЦИЛЛЯЦИОННОГО РЕЖИМА СОСУЩЕСТВОВАНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ В МОДЕЛИ "ХИЩНИК--ДВЕ ЖЕРТВЫ"

Абрамова Е.П.[1], Перевалова Т.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: ekaterina.abramova@urfu.ru

STOCHASTIC DESTRUCTION OF THE OSCILLATORY REGIME OF COEXISTENCE OF POPULATIONS IN THE «PREDATOR-TWO PREY» MODEL

Abramova E.P.[1], Perevalova T.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We study the model describing the coexistence of three populations of. In the deterministic case, we study the parametric zones of the existence and stability of cycles. Noise-induced phenomena of destruction of the oscillatory regime of the coexistence of three populations are studied.

В работе рассматривается стохастическая интерпретация модели, описывающей сосуществование трех популяций: "хищник -- две жертвы", предложенной в работах [1-2]. Модель учитывает внутривидовую конкуренцию каждой популяции и межвидовую конкуренцию жертв между собой.

В детерминированном случае изучаются параметрические зоны существования и устойчивости циклов, их сосуществование с вырожденными равновесиями и строится сводная бифуркационная диаграмма. В зоне устойчивости цикла находится сепарабельная поверхность, которая разделяет бассейны притяжения цикла и одного из вырожденных равновесий. Далее в работе исследуется стохастический случай, когда система подвергается внешнему случайному воздействию, которое является неотъемлемой частью функционирования биологических систем. Изучаются индуцированные шумом явления разрушения осцилляционного режима сосуществования трех популяций. С математической точки зрения такое разрушение является выходом стохастической траектории за пределы бассейна притяжения цикла. С помощью техники функции стохастической чувствительности [3], описываются вероятностные механизмы вымирания одной или нескольких популяций.

1. Базыкин А.Д. Нелинейная динамика взаимодействующих популяций. М.: Наука, (1985).

2. Апонина Е.А., Апонин Ю.М., Базыкин А.Д. Анализ динамического поведения в модели «хищник--две жертвы», Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеоиздат. 5, 163 (1982).

3. Bashkirtseva, I., Ryashko, L., Ryazanova, T. Mathematical Biosciences, 293, 38-45. (2017).

О РЕЙТИНГЕ УНИВЕРСИТЕТОВ QS WORLD UNIVERSITY RANKINGS

Скрипин А.В.[1], Рогович В.И.[1]

[1)] Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: antonskripin@gmail.com

ABOUT THE RATING OF UNIVERSITIES QS WORLD UNIVERSITY RANKINGS

Skripin A.V.[1], Rogovich V.I.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The choice of QS World University Rankings as the main global rating of universities for further research is explained. Moreover, the purpose and methodology of this ranking are described in the following paragraphs.

В настоящее время университеты всего мира стали оцениваться путем присвоения открытой рациональной оценки через глобальные рейтинги вузов. На данный момент существует порядка 10 авторитетных мировых рейтингов. Попадание университета в топ-лист международных или национальных рейтингов определяет эффективный показатель продуктивности его для деятельности и относительное положение среди других учреждений высшего образования. Таким образом, многие страны считают продвижения своих вузов в глобальных рейтингах национальной задачей, от которой зависит не только значимость и ценность университетов среди образовательного сообщества, но и престиж страны в целом.

Ключевыми показателями, демонстрирующими качество и престиж университета, являются итог или результат деятельности высшего учебного заведения по таким направлениям как преподавание, научная составляющая, международная деятельность, финансовая устойчивость и так далее. Однако, в различных мировых рейтингах позиции институтов варьируются. Причиной этому является то, что каждый из мировых рейтингов закладывает свои оценочные показатели, а также соотношения весовых коэффициентов для каждого из критериев. Разницу в позициях ведущих университетов нетрудно отследить, открыв различные глобальные рейтинги.

Одним из наиболее влиятельных глобальных рейтингов университетов является QS WORLD UNIVERSITY RANKINGS - исследование и сопровождающий его рейтинг лучших высших учебных заведений по показателю их достижений в области науки и образования. Данный рейтинг оценивает рейтинг по множествам

показателям, которые охватывают и демонстрируют ключевые стратегические цели университетов мирового значения. Результатом данного исследования является заключительный рейтинг 500 лучших университетов мира, а также составление рейтингов конкурентоспособности вузов по отдельным дисциплинам.

В общем сложности QS WORLD UNIVERSITY RANKINGS оценивает каждый из университетов по 6 различным критериям, каждый из которых имеет определенный вес в формировании общей оценки высшего учебного заведения. По методике данного рейтинга строится алгоритм ранжирования университетов на основе 6 индикаторов: Academic Reputation, Employer Reputation, Faculty/Student Ratio, Citations per faculty, International Faculty Ratio, International Student Ration. В результате происходит подсчёт всех индикаторов по следующей формуле:

WR=0.4*RankAcR+0.1*RankEmR+0.2*RankFSR+0.2*RankCitF+0.05*RankFac+0.05* RankIn,

где RankAcR - Academic Reputation (Академическая репутация); RankEmR - Employer Reputation (Репутация среди работодателей); RankFSR - Faculty/Student Ratio (Соотношение преп. состава к числу студентов); RankCitF - Citations per faculty (Индекс цитируемости); RankFac - International Faculty Ratio (Доля иностранных преподавателей); RankIn - International Student Ration (Доля иностранных студентов).

В таблице 1 представлены количественные и качественные показатели, по которым проводится ранжирование и оценка деятельности университетов.

1. QS World University Rankings // QUACQUARELLI SYMONDS. [Электронный ресурс].

2. QS World University Rankings. Who rules? // QUACQUARELLI SYMONDS. [Электронный ресурс].

СРАВНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ РОДО-ВИДОВЫХ ОТНОШЕНИЙ ГЛАГОЛОВ: МОРФОЛОГИЯ ПРОТИВ СИНТАКСИСА И ВЕКТОРНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ СЛОВ

Антропова О.И.[1], Огородникова Е.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: choksy@mail.ru

COMPARISON OF SEMI-AUTOMATIC WAYS OF HYPER-HYPONYMIC VERBAL PAIRS EXTRACTION: MORPHOLOGY VS SYNTAX AND WORD EMBEDDINGS

Antropova O.I.[1], Ogorodnikova E.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Two methods of extraction of hyper-hyponymic pairs of verbs are compared and analyzed. The first one extracts the first infinitive in a definition. The second one extracts all infinitives that have dependants and then drops the extracted candidate verb if its similarity with the defined verb is low.

Электронные тезаурусы, подобные принстонскому WordNet – важный инструмент для автоматической обработки текстов на естественном языке, а родо-видовые отношения между единицами языка – основа для построения иерархии смыслов в таких электроных тезаурусах. Установление родо-видовых отношений лингвистами вручную отличается высоким качеством, но требует огромных затрат времени экспертов. Поэтому созданию методов автоматизированного выявления тезаурусных отношений, позволяющих облегчить и ускорить работу лингвистов, посвящено множество работ. Подробный обзор можно найти, например, в [1]. Несмотря на обилие работ в данной области, исследователи, как правило, ограничиваются выделением отношений между существительными. Нам не известно о подобных работах, касающихся глаголов русского языка.

Наше исследование посвящено разработке автоматизированного метода извлечения родо-видовых отношений между глаголами русского языка. То есть, пар глаголов типа маршировать/идти. Здесь идти – родовое, более общее понятие, а маршировать – видовое. Наши предыдущие работы [2, 3] показали, что методы, разработанные для существительных, плохо применимы для глаголов. Поэтому необходима разработка методов, учитывающих специфику глаголов. В настоящий момент наиболее перспективным нам представляется выделение отношений из словарных толкований, поскольку определения очень часто содержат родовое понятие.

Ранее мы разработали метод извлечения отношений, использующий синтаксический анализатор UDPipe и готовые модели векторного представления слов RusVectores. Сначала он извлекает все инфинитивы, имеющие зависимые слова,

а затем оставляет только те, косинусная мера близости которых к определяемому слову превышает пороговое значение. В данной работе мы разработали ещё один метод, использующий синтаксический анализатор MyStem. Этот метод извлекает первый инфинитив в определении и служит бэйзлайном, позволяющим судить о качестве первого метода.

Проведены сравнительный анализ и оценка обоих методов. Для этой цели была создана и размечена вручную тремя разными экспертами новая выборка, содержащая 20 глаголов и 192 их толкования из 7 различных лексикографических ресурсов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-312-00129.

1. Ю. А. Киселев, Разработка автоматизированных методов выявления семантических отношений для электронных тезаурусов. Дисс. … канд. техн. наук. Екатеринбург: УрФУ, 2016

2. Е. А. Огородникова, Евразийский гуманитарный журнал, 2, 20-24 (2017).

3. О. И. Антропова, Е. А. Огородникова, Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: лингвистика. 16(2), 51–57 (2019).

РАЗВИТИЕ МЕТОДА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРЕДОПЕРАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗУБНОГО РЯДА

Арбузов Е.В.[1], Маркина С.Э.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: denifenten2014@mail.ru

DEVELOPMENT OF A VISUALIZATION METHOD FOR PREOPERATIVE DENTITION MODELING

Arbuzov E.V.[1], Markina S.E.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The presented software product allows you to identify curvature, chips, complete or partial absence of teeth. Using these data, the orthodontist will be able to simulate the alignment of the dentition, thereby quickly understanding the form of the pathology and the complexity of the case.

Прикус — это взаимоотношение зубных рядов при максимальном контакте и полном смыкании зубов верхней и нижней челюстей. Вид прикуса определяется характером смыкания зубных рядов в положении центральной окклюзии [1].

Для помощи в исправлении прикуса был создан программный продукт, который моделирует челюсть человека, появляется возможность виртуально выровнять, восстановить утраченные или поврежденные зубы, тем самым узнать с какими трудностями предстоит столкнуться и как будет выглядеть итоговый результат.

В настоящее время для моделирования челюсти стоматологические клиники изготавливают гипсовую модель по круговому КТ снимку. Этот метод дешевле, проще в освоении, нежели зарубежные программные продукты.

Представленный программный продукт позволяет выявить искривления, сколы, полное или частичное отсутствие зубов. С помощью этих данных ортодонт сможет смоделировать выравнивание зубного ряда, тем самым быстрее понять форму патологии и сложность случая, продумать план лечения и спрогнозировать сколько времени потребуется носить брекеты. С другой стороны, появляется возможность смоделировать установку импланта.

Программный продукт позволит ускорить процесс лечения, а также появится возможность обучать студентов и докторов, тем самым уменьшая риск ошибок при реальных операциях.

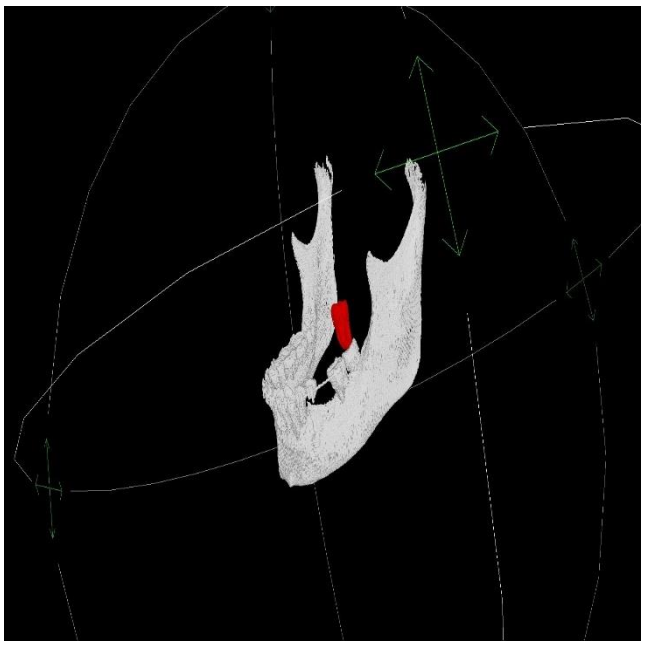


Рис. 1. Визуализация челюсти человека.

1. Л. С. Персин, Ортодонтия, (1999).
2. С. Э. Маркина, Визуальное программирование в MeVisLab, (2012).

РАЗВИТИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Астахова Е.А.[1], Солонин Е.Б.[1], Мартынова Е.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: e.a.powerenergy@gmail.com

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR MONITORING THE OPERATION OF PRODUCTION EQUIPMENT

Astakhova E.A.[1], Solonin Ye.B.[1], Martynova E.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In the process of developing an automated system, the problem of monitoring equipment downtime, collecting and analyzing data, and processing and using data in the corporate information system of the Company was formulated.

Автоматизированное управление трубопрокатных станов оказывает существенное влияние на производительность продукции и экономические показатели металлургических предприятий [1]. Регистрация плановых и аварийных остановок трубопрокатного стана ТПА-140 является важным фактором контроля производства, однако существующий уровень ее автоматизации не позволяет обеспечить необходимую степень точности, анализа и прогнозирования. На текущий момент регистрация осуществляется как путем записи в табуляграммы АСУТП стана, так и в ИС предприятия, что приводит к снижению достоверности информации.

Таблица 1 - Данные об остановках линии стана ТПА-140

Источник информации	*Количество*	*Количество, %%*	*Суммарная длительность, мин*	*Суммарная длительность, %%*
Ежесменные табуляграммы системы АСУТП стана	366	100,0	7051	100,0
Данные из отчета системы SAP ERP (классифицированные остановки по типам)	279	76,2	6541	92,8
Неклассифицированные остановки	87	23,8	510	7,2

В качестве первого этапа работы был проведен системный анализ первичной информации, связанной с остановками стана ТПА-140. В таблице 1 приведены среднемесячные данные из табуляграмм и корпоративной системы SAP ERP.

Наблюдаемое несоответствие данных делает затруднительным анализ причин остановок и их минимизацию, что негативно сказывается на производительности стана.

Предлагается полностью автоматизировать ввод информации об остановках в систему SAP ERP за счет разработки программной подсистемы импорта и мониторинга производственного процесса. Проведена кластеризация и предложена новая система классификации остановок стана ТПА-140. Определены требования к аппаратной и программной части проектируемой подсистемы. В качестве входной информации предполагается использовать как регистрационные данные (класс остановки, дата и время), так и те параметры стана, которые дадут полную картину причин и динамики остановки. Проведен анализ прототипов и рассчитана возможная стоимость подсистемы.

Основываясь на достигнутых результатах, сформулированы задачи следующего этапа работ:

- разработка открытой архитектуры подсистемы мониторинга, удовлетворяющей поставленным требованиям и переносимой на другие участки производства;
- идентификация и прогнозирование остановок стана на основе теории надёжности [2].

1. А. А. Балашов, Н. Н. Доможирова, Исследование проблем трубной промышленности, Вестник УГТУ- УПИ, 4, (2010).

2. В. А. Острейковский, Теория надёжности, М.: Высшая школа (2003).

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ МАТРИЦ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОБОЧНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Бахрачева Ю.С.[1], Кайгородова А.В.[1], Бережная Д.А.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия
E-mail: bakhracheva@volsu.ru

APPLICATION OF THE CHARACTERISTIC MATRIX METHOD FOR ESTIMATING THE INTENSITY OF SIDE ELECTROMAGNETIC RADIATION

Bahracheva Yu.S.[1], Kaigorodova A.V.[1], Berezhnaya D.A.[1]
[1)] Volgograd state University, Volgograd, Russia

The paper investigates the weakening effect of screens of various types on the electromagnetic waves passing through them. The weakening effect of electromagnetic screens of arbitrary shape and radiation with arbitrary characteristics is estimated.

Любое электромагнитное устройство всегда является источником побочных электромагнитных излучений с той или иной несущей частотой, которая на практике может изменяться в очень широких пределах.

Если конфигурация устройства недостаточно продумана, то, во-первых, интенсивность побочного излучения может оказаться значительной, и, во-вторых, может произойти модуляция этого излучения сигналом, содержащим защищаемую информацию. С помощью чувствительных датчиков, которые будут расположены злоумышленником за границами контролируемой зоны, этот сигнал может быть принят, демодулирован, и тем самым мы будем поставлены перед фактом утечки информации.

В связи с этим возникает актуальная в области информационной безопасности задача об исследовании ослабляющих действий экранов различного рода на проходящие сквозь них электромагнитные волны.

Решение таких задач зависит как от характеристик побочного излучения, прежде всего от типа волны, ее спектрального состава и диаграммы направленности, так и от характеристик экрана, а именно его геометрии и электромагнитных параметров материала из которого он изготовлен. В математическом отношении задачи такого рода являются чрезвычайно сложными и в общем случае могут быть решены только приближенно с помощью численных методов. Располагая такими точными решениями, можно делать оценки для ослабляющего действия электромагнитных экранов уже произвольной формы и для излучений с произвольно заданными характеристиками. Полученные на этом пути результаты присутствуют в современной литературе в виде различных приближенных формул для коэффициентов ослабления излучения экранов с простейшей геометрией.

Основным параметром в таких формулах является соотношение между толщиной экрана и глубиной проникновения электромагнитного поля в материал.

Однако такие естественные экраны, как, например, окна и стены помещения, имеют в качестве материала не металл, а диэлектрик с потерями.

Оказывается, что формулы для коэффициентов ослабления, дающие правильные результаты для экранов из металла, в случае диэлектрических экранов становятся непригодными.

Причина в том, что при вводе этих формул затухание электромагнитной волны в материале обуславливалось появлением токов проводимости; но в диэлектрике с повышением частоты свой вклад в затухание волны начинают вносить и токи смещения, которые должны быть учтены при выводе формул для коэффициентов ослабления экранов из диэлектрика [1]. Используя алгоритм характеристических матриц, в работе решена задача о расчете коэффициентов ослабления излучения диэлектрическими экранами различной конструкции, разработан программный комплекс для оценки интенсивности побочных электромагнитных излучений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Волгоградской области в рамках научно-исследовательского проекта № 19-43-340005.

1. Y.S. Bakhracheva, J. Phys.: Conference Series, 1210, 012005 (2019).

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ В МОБИЛЬНОМ ПРИЛОЖЕНИИ ТИПА “ГОРОДСКОЙ КВЕСТ”

Балакин С.Д.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: balakin97@mail.ru

THE USE OF COMPUTER VISION FOR PATTERN RECOGNITION IN A MOBILE APPLICATION SUCH AS "CITY QUEST"

Balakin S.D.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Pattern recognition is highly dependent on external factors. Recognizing the car in the image in Yekaterinburg and Krasnodar are 2 completely different tasks. The article proposes a method of dividing the images of the most iconic places of the city of Yekaterinburg into a set of coordinated photo's

Для распознавания образа массивного объекта необходима большая база данных фотографий этого объекта. Также, необходимо учитывать расположение этого объекта, знать все виды шумов, искажающих его. Именно поэтому нельзя использовать уже готовые алгоритмы для других городов России.

Способ составления образа объектов реализован в мобильном приложении “City Quest” при использовании технологий дополненной реальности, а именно платформы Glazar [1]. На основе этой платформы происходит создание, сортировка и хранение базы данных, используемой для автоматического распознавания объекта на фото с телефона или в режиме живой съемки.

В статье описаны оценочные результаты эксперимента по распознаванию памятных мест города Екатеринбурга. Составлена классификационная таблица результатов отображения памятников архитектуры, монументов, настенной живописи.

Составлена классификационная таблица ошибок и маркеров. Произведено разделение на ошибки 1-го рода и ошибки 2-го рода. Для каждого маркера описаны варианты их исключений и подавления.

Метод имеет ряд достоинств. Это высокая точность определения объектов по фото, исключение шумов, влияющих на качество фото именно для изучаемой местности.

1. А. В. Аверкина, О .Ю. Лазарева, Вестник Московского государственного университета печати, 2, 77, (2015).

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАССИВНОГО ТЕПЛООТВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОСИФОНА ПРИ ХРАНЕНИИ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Балдин А.М.[1], Куртеев А.В.[1], Севастьянов М.М.[1], Ташлыков О.Л.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Mikas45@mail.ru

INVESTIGATION OF PASSIVE HEAT REMOVING USING A THERMOSYPHON IN THE PROCESS OF NUCLEAR WASTE STORAGE

Baldin A.M.[1], Kurteev A.V.[1], Sevatyanov M.M.[1], Tashlykov O.L.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The effectiveness of using adjustable thermosyphon as part of a passive heat decay removal system in spent fuel storage pool was evaluated using SOLIDWORKS software package.

Отработавшее ядерное топливо (ОЯТ) продолжает выделять тепло после выгрузки из активной зоны, и для снижения остаточных тепловыделений его помещают в заполненный водой бассейн выдержки. Для охлаждения воды бассейна выдержки предусмотрены специальные системы с принудительной циркуляцией воды [1]. Система расхолаживания имеет трехкратное резервирование, но при потере электроснабжения охлаждение нарушается. Авария на АЭС «Фукусима» актуализировала необходимость повышения надежности охлаждения ОЯТ в бассейнах выдержки [2].

В качестве пассивной системы отвода остаточных тепловыделений могут применяться термосифонные теплообменные аппараты. Двухфазный термосифон представляет собой вакуумированный металлический контейнер, частично заполненный рабочим телом с низкой температурой кипения. При нагреве нижней части термосифона, размещенной в бассейне выдержки, рабочее тело вскипает, образовавшаяся паровая фаза поднимается по тракту в зону конденсации, превращается в жидкость и сливается в зону испарения. Высокая эффективность таких систем объясняется большими коэффициентами теплоотдачи при кипении и конденсации, а также значительной скрытой теплотой парообразования рабочего тела, поглощаемой и выделяемой в ходе последовательных фазовых переходов [3].

Регулируемый термосифон, смоделированный в данной работе, предназначен для передачи тепловой энергии переменной мощности в системах пассивного расхолаживания бассейнов выдержки ОЯТ.

Испарительная зона регулируемого термосифона предлагаемой конструкции выполнена в форме усеченного конусного диффузора, что усиливает пленочное испарение за счет повышенной испарительной поверхности, а также увеличивает интенсивность передачи рабочему телу внешней тепловой энергии за счет увеличенной площади боковой поверхности.

С ростом температуры воды в бассейне выдержки подвижный поршень системы регулирования поднимается и вытесняет рабочее тело из компенсационной камеры в испарительную зону через отверстие. При этом увеличивается уровень и площадь свободной поверхности теплоносителя в испарительной зоне и, как следствие, увеличивается мощность теплоотвода.

При уменьшении температуры воды в бассейне выдержки поршень опускается, уровень и площадь свободной поверхности рабочего тела в испарительной зоне уменьшаются до исходного уровня.

Моделирование твердотельной модели и симуляция функционирования термосифона проводились при помощи программного комплекса SolidWorks 2019. Данный программный комплекс САПР позволяет реализовывать 3D проектирование изделий любой степени сложности с учётом специфики изготовления, проводить инженерный анализ.

1. О. Л. Ташлыков, А. Г. Кузнецов, О. Н. Арефьев, Эксплуатация и ремонт ядерных паропроизводящих установок АЭС, М.: Энергоатомиздат (1995).

2. Д. А. Корель, О. Л. Ташлыков, В. А. Мунц, Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых – Даниловских чтений, 737-740 (2019).
3. И. И. Свириденко, А. Ю. Москаленко, Проблемы промышленной теплотехники: Тезисы IV Межд. конф. – Киев, ИТТФ НАН Украины, 255–256 (2005).

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДИНАМИКА ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Балякин И.А.[1, 2], Ремпель А.А.[1, 2]

[1)] Институт Металлургии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
[2)] НОЦ НАНОТЕХ, Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: i.a.balyakin@gmail.com

MOLECULAR DYNAMICS OF HIGH ENTROPY ALLOYS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Balyakin I.A.[1, 2], Rempel A.A.[1, 2]

[1)] Institute of Metallurgy of UB RAS, Ekaterinburg, Russia
[2)] NANOTECH Centre, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Atomistic simulation of multi-component melt using high-dimensional neural network potential was performed using classical molecular dynamics. Ab initio and neural network simulations were compared. Parameters of solidification of the multi-component melt into high-entropy alloy were computed.

Высоко-энтропийные сплавы (ВЭСы), по определению, являются сплавами, содержащими не менее 5 компонентов, представленных в атомных долях не меньших 5 % и не больших 35 %. При этом ВЭСы должны представлять собой неупорядоченный твердый раствор замещения [1]. В настоящее время одним из самых популярных методов синтеза ВЭСов является дуговая плавка. То есть благодаря тепловому эффекту электрической дуги исходные чистые компоненты плавятся и, в последствии перемешавшись, начинают представлять собой многокомпонентный расплав. Свойства ВЭСов зависят от свойств исходного расплава, таким образом, знание свойств расплава может помочь в прогнозировании свойств ВЭСа.

Структурные и динамические характеристики жидкостей, в том числе и расплавов, могут быть определены при помощи метода молекулярной динамики – метода, который позволяет исследовать временную эволюцию системы взаимодействующих атомов путём интегрирования их уравнений движения. Взаимодействие между атомами может быть задано при помощи заранее определенных

потенциалов взаимодействия (классическая молекулярная динамика), так же силы, действующие на атомы, могут быть посчитаны исходя из информации об электронной подсистеме (первопринципная молекулярная динамика (ab initio molecular dynamics – AIMD). Проблемой классической молекулярной динамики многокомпонентных систем является необходимость задания большого числа параметров взаимодействия, которые зачастую не могут быть определены. От этого недостатка избавлена AIMD, в которой явно учитывается электронная подсистема. Основным недостатком метода AIMD является его низкая производительность, что ограничивает моделируемые системы как в числе атомов, так и во временной протяженности траектории, которая может быть посчитана.

Проведение расчетов методом классической молекулярной динамики с использованием потенциалов, сконструированных на основе AIMD расчетов помогает объединить преимущества обоих методов и исключить их недостатки. Относительно новой и достаточно эффективной процедурой конструирования таких потенциалов является метод многомерных нейронных сетей (high-dimensional neural network potential – HDNNP) [2]. В данной работе, при помощи метода HDNNP, на основе AIMD расчетов, проведенных в программном обеспечении VASP [3], был разработан многочастичный потенциал классической молекулярной динамики для ряда многокомпонентных расплавов. Затем, при помощи программного обеспечения LAMMPS [4], был проведен молекулярно-динамический расчет тех же расплавов, но уже для большего числа атомов и более длинных траекторий. Расчет в LAMMPS был так же применен для выявления зависимостей структурных и динамических свойств многокомпонентного расплава от температуры. А также, благодаря включению в тренировочный набор для HDNNP различных кристаллических фаз, удалось напрямую смоделировать кристаллизацию ВЭСов из расплава.

Работа выполнена в соответствии с государственным заданием ИМЕТ УрО РАН, вычисления производились на кластере «Уран» ИММ УрО РАН.

1. F. Otto, Y. Yang, H. Bei, and E. P. George, Acta Materialia, 61(7), 2628–2638 (2013).
2. J. Behler and M. Parrinello, Physical Review Letters, 98(14), 146401 (2007).
3. G. Kresse and J. Furthmüller, Physical Review B, 54(16), 11169–11186 (1996).
4. S. Plimpton, Journal of Computational Physics, 117(1), 1–19 (1995).

О ПРИМЕНЕНИИ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОДХОДА В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПОВЫШЕННОЙ НАДЁЖНОСТИ

Банников И.К.[1], Рогович В.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: ilya.bannikov@urfu.ru

APPLICATION OF A SWARM APPROACH IN TECHNICAL SYSTEMS OF HIGHER RELIABILITY

Bannikov I.K.[1], Rogovich V.I.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The decision-making method of a swarm of robots can be used to make responsible decisions in high reliability systems.

Сегодня коллективы роботов, либо системы с роевым поведением применяются достаточно широко, в связи с развитием таких технологий как интернет вещей (IoT). Существует класс систем, где требуется обеспечить высокую степень надёжности, но реализовывать её аппаратно дорого либо неэффективно.

Предлагается для такого класса систем применить коллективный подход при принятии “ответственных” решений. А именно повысить надёжность системы за счет распределения ответственности в принятии решения между особями роя.

Увеличение эффективности таких систем может быть достигнуто за счёт синергетического эффекта [1] множества особей взаимодействующих вместе, а также использования более простых аппаратных решений. А также за счет использования однотипных простых особей можно будет достигнуть уровня надёжности m/n [2], где m - число согласовавших решение особей, n - общее число особей, причём отказ одной из особей до определенного момента не будет вызывать проблем в работе системы. В общем случае алгоритм принятия решения будет выглядеть так: в принятии решения участвуют несколько однотипных особей, принимается решение, которое выбрало большинство участвующих в опросе особей.

1. И. К. Банников, И. А. Ворманов, О. А. Евсегнеев, А. М. Пепелев, V Международная молодежная научная конференция, посвященная памяти Почетного профессора УрФУ В.С. Кортова Физика. Технологии. Инновации, 50 (2018).

2. Н. К. Юрков, А. В. Затылкин, С. Н. Полесский, И. А. Иванов, А. В. Лысенко, Основы теории надежности электронных средств. Пенза: Изд-во ПГУ, (2012).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРА URAN И ТЕХНОЛОГИИ OPENMP ДЛЯ РАСЧЕТА МНОЖЕСТВ УПРАВЛЯЕМОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Белоусов А.Н.[1], Матвийчук А.Р.[1, 2], Григорьев А.М.[1], Зимовец А.А.[1]

[1)] Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия.
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия.
E-mail: belousov_an@uran.ru

THE USE OF THE URAN SUPERCOMPUTER AND OPENMP TECHNOLOGY FOR CALCULATING CONTROLLABILITY SETS OF DYNAMIC SYSTEMS

Belousov A.N.[1], Matviychuk A.R.[1, 2], Grigoriev A.M.[1], Zimovets A.A.[1]

[1)] Krasovskii Institute of Mathematics and Mechanics of UB RAS, Yekaterinburg, Russia.
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia.

The program for calculating the controllability sets of dynamic systems on a URAN supercomputer was developed. Number of numerical experiments were carried out. The results of numerical experiments allowed to study the capabilities of such systems, and also became the basis for further research.

В математической теории управления динамическими системами, рассматриваемыми на конечном промежутке времени, одной из важных задач является задача построения множеств управляемости. Эти множества представляют собой множества точек, из которых возможно привести управляемую систему на заданное целевое множество в определенный момент времени. Точное построение таких множеств возможно лишь для некоторых частных случаев, поэтому широкое распространение получили методы приближенного построения множеств управляемости. Эти методы базируются на дискретном представлении времени и пространства. В этих методах временной интервал подменяется его разбиением и для каждого момента времени разбиения выполняется процедура построения множества управляемости на основе множества, рассчитанного на предыдущем шаге. В силу сложности системы, а также чрезвычайно большого количества расчетных точек время вычисления таких множеств на персональных ЭВМ становится неприемлемо большим. Поэтому расчет таких задач многопоточном режиме с использованием технологии OpenMP был перенесен на двухпроцессорные производительные сервера и в облако УрО РАН.

В настоящее время все более востребованными становятся задачи построения множеств управляемости в евклидовых пространствах размерности 4 и более. Для пространств таких размерностей расчет многих модельных примеров даже на высокопроизводительных аппаратных серверах и в облаке УрО РАН занимает

слишком много времени. Требуются значительно более мощные вычислительные системы. Такой вычислительной системой, имеющейся в Институте математики и механики им. Н.Н.Красовского УрО РАН, является суперкомпьютер URAN. Эта система состоит из вычислительных узлов, которые можно использовать совместно для численных экспериментов, применяя технологию MPI, или проводить вычисления на одном узле, применяя технологию OpenMP. Авторами проекта была разработана программа для решения задач управления в n-мерном евклидовом пространстве, которая обладает функционалом вычисления множеств достижимости и множеств управляемости, а также реализует технологию OpenMP для распараллеливания вычислений. Данная технология позволяет эффективно использовать вычислительные возможности одного узла супервычислителя URAN без перехода на технологию MPI.

В рамках исследования данная программа была адаптирована для выполнения на суперкомпьютере URAN, после чего были проведены численные эксперименты, которые позволили оценить перспективы использования суперкомпьютера URAN для расчета множеств управляемости, а также определить рад конфигураций узла, которые позволяют за меньшее время рассчитывать множества управляемости динамических систем. Результаты численных экспериментов позволили изучить возможности таких систем, а также стали основой для проведения дальнейших исследований в области теории управления динамическими системами.

Работа продолжает исследования, проведенные в работах [1-5].

1. A. R. Matviychuk, A. A. Zimovets, A. N. Belousov and A. M. Grigoriev, AIP Conf. Proc. 2025, 110004 (2018).

2. N. N. Krasovskii, The theory of control of motion, Nauka, Moscow, (1968).

3. N. N. Krasovskii, Control of dynamical system, Nauka, Moscow, (1985).

4. A. A. Zimovets, A. R. Matviychuk, Vestn. Udmurtsk. Univ. Mat. Mekh. Komp. Nauki 25(4), 459–473 (2015).

5. A. N. Belousov, A. R. Matviychuk, A. A. Zimovets, A. M. Grigoriev, AIP Conf. Proc. 2174, 020083 (2019).

РЕГУЛЯРНЫЕ И ХАОТИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ В СИСТЕМЕ СВЯЗАННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ

Беляев А.В.[1], Ряшко Л.Б.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: belyaev.alexander1337@yandex.ru

REGULAR AND CHAOTIC REGIMES IN THE SYSTEM OF COUPLED POPULATIONS

Belyaev A.V.[1], Ryashko L.B.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this paper, we consider a system of two coupled populations modeled by the Ricker map. The purpose of this study is to analyze possible changes in the corporate dynamics of the system with varying coupling parameter.

В данной работе рассматривается система двух связанных популяций, моделируемых отображением Рикера. Целью данного исследования является анализ возможных изменений корпоративной динамики системы при варьировании параметра связи [1]. Изолированные подсистемы, то есть такие, в которых коэффициент связи равен нулю, могут находиться в различных стабильных состояниях. А именно преимущественно преобладают такие состояния, как равновесные, периодические, а также хаотические. В случае же взаимодействия между популяциями (случай ненулевого значения коэффициента связи) поведение системы может существенно меняться, например, равновесный режим трансформируется в периодический, а хаотический режим переходит в порядок и наоборот. В работе проведено параметрическое исследование возможных сценариев изменения корпоративной динамики и их связи с бифуркациями разных типов. Построены и изучены фазовые портреты системы, бифуркационные диаграммы, а также сделан анализ бассейной притяжения аттракторов системы.

$$\begin{cases} x_{n+1} = x_n \exp\left(\mu(1 - x_n)\right) + \sigma(y_n - x_n) \\ y_{n+1} = y_n \exp\left(\mu(1 - y_n)\right) + \sigma(x_n - y_n) \end{cases}$$

Рис. 1. Модель Рикера двух связанных популяций.

1. I. Bashkirtseva, A. Pisarchik, AIP Conference Proceedings, 2172, 070004 (2019).

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НАСТОЛЬНОЙ ИГРЫ HEX

Бикмурзин М.А.[1], Мазуренко В.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: mikejob@bk.ru

APPLICATION OF DEEP LEARNING METHODS TO RESEARCH OF THE HEX BOARD GAME

Bikmurzin M.A.[1], Mazurenko V.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Basing on deep learning techniques, we created a neural network agent and trained it to play Hex. The training took place in accordance with modified Google Deep mind training algorithm for Alpha Go Zero.

Игра Hex была придумана в середине XX века независимо друг от друга двумя людьми – датским ученым Питом Хейном и американским математиком Джоном Нэшем. Игра происходит на гексагональной доске ромбической формы. Два игрока по очереди занимают свободные клетки с целью первым построить соединяющий кластер между сторонами своего цвета. В данной игре невозможна ничья. Джон Нэш доказал, что игрок, начинающий первым, имеет форсированный выигрыш, однако в общем случае он не найден. Hex не является новинкой для научного мира. На данную тему было написано множество статей, в которых ученые применяли различные алгоритмы для исследования этой замечательной игры, как, например, H-search [2], XH-search [3], Monte Carlo Tree Search [4] и многие другие. Однако, нейросетевые подходы для изучения стратегий игры Hex ранее не применялись, что являлось основной целью данной работы.

Для реализации была выбрана архитектура сверточной нейронной сети с двумя выходами. После подачи на вход некоторой игровой позиции на одном выходе нейронная сеть предсказывает оценку позиции от -1 до 1, а на другом - распределение вероятности по всем возможным ходам из этой же позиции. Для обучения нейросети используется алгоритм Monte Carlo Tree Search, для которого каждая позиция на доске представляется в виде узла в древе поиска. Нейросеть играет сама с собой некоторое число партий, для каждой позиции запоминая победителя и распределение дочерних узлов в дереве поиска по посещениям. Функция ошибки требует совпадения этих величин с оценкой позиции и распределением вероятности, предсказанными нейросетью. Обучение нейросети осуществляется методом градиентного спуска. Этапы обучения и накопления обучающей выборки цикличны. Такой обучающий алгоритм впервые был представлен Google Deepmind для обучения нейронной сети AlphaGo Zero [1].

Мы провели модернизацию и адаптацию исходного алгоритма AlphaGo Zero к игре Hex, которая заключается в следующем. Вместо одной нейросети, мы используем две, по одной на каждого из игроков. Результат их обучения положителен. Нейронные сети успешно используют геометрические построения из теории игры Hex, такие как ромб и вилка, хотя ничего кроме правил игры не было предоставлено им перед началом обучения.

Нейросеть обучалась Hex полностью с нуля и демонстрируют очень сильный уровень игры, согласующийся с теоретическим решением [5].

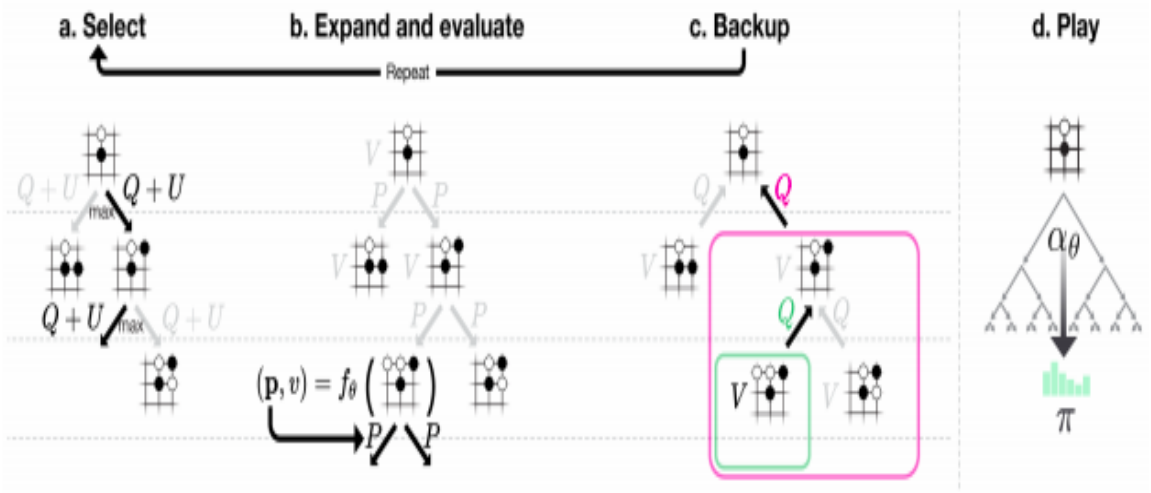


Рис. 1. Алгоритм поиска по дереву методом Монте-Карло, использующийся при обучении нейронных сетей.

1. Silver D. et al. Nature, 550, 7676, 354-359 (2017).
2. Anshelevich V. V., Artificial Intelligence, 134, 1-2, 101-120 (2002).
3. Henderson P., Arneson B., Hayward R. B. Hex, Braids, the Crossing Rule, and XH-Search. In: van den Herik H.J., Spronck P. (eds) Advances in Computer Games. ACG 2009. Lecture Notes in Computer Science, vol 6048. Springer, Berlin, Heidelberg (2010).
4. Arneson B., Hayward R. B., Henderson P. IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games, 2, 4, 251-258 (2010).
5. Hayward R. et al., Theoretical Computer Science, 349, 2, 123-139 (2005).

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ UX В РАМКАХ ФРЕЙМВОРКА QT

Близнецова В.В.[1], Кузнецов М.А.[1], Неудачин И.Г.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: bliznecova.nika@gmail.com

DEVELOPMENT OF UX DESIGN METHODS WITHIN THE QT FRAMEWORK

Bliznetsova V.V.[1], Kuznetsov M.A.[1], Neudachin I.G.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A new approach to the development of graphical application interfaces is proposed, synchronizing three processes: design, prototyping and software implementation. In addition, a method for visualizing a UX project using UML elements is proposed.

Разработка пользовательского интерфейса, как правило, включает в себя проектирование UX (англ. User Experience, опыт пользователя — это восприятие и ответные действия пользователя, возникающие в результате использования и/или предстоящего использования продукции, системы или услуги), прототипирование и программную реализацию [1]. На сегодняшний день существует множество средств для проектирования и прототипирования UX [2]. Однако, ни одно из них не предоставляет полной взаимной интеграции всех трех процессов. Это приводит к проблемам в случае внесения правок в проект, поскольку появляется необходимость внесения изменений в модель, прототип и программную реализацию. Кроме того, это может в дальнейшем приводить к несогласованности между UX-проектом и программной реализацией.

Авторами данной работы предлагается решение описанной выше проблемы посредством непрерывной синхронизации всех трех процессов: проектирования, прототипирования и программной реализации. Данный подход применим к любым языкам программирования и фреймворкам. Тем не менее, если мы говорим о синхронизации проекта UX с программным кодом, нужно учитывать особенности конкретного языка. Поэтому, реализация данного подхода возможна только в применении к конкретному фреймворку и языку программирования. В данной работе программная реализация ограничивается фреймворком Qt и языком программирования QML.

Поскольку в спецификации UML [3] явно не описаны стандарты для представления проектов UX, авторами предложены UX-диаграммы, как вариант такого представления на основе уже существующих в UML компонентов. На рисунке 1 представлен пример UX-диаграммы для формы авторизации.

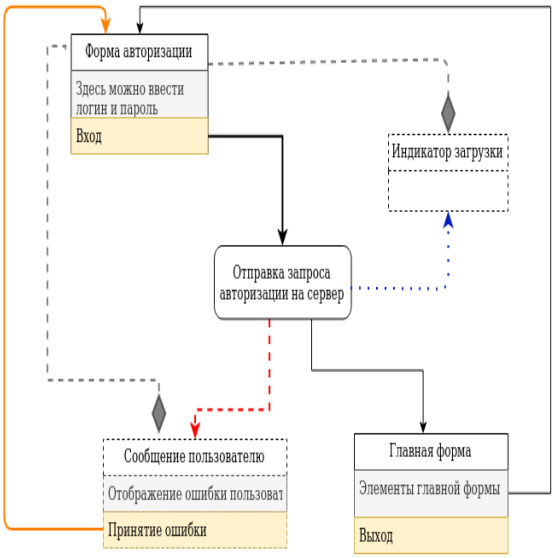


Рис. 1. Пример UX-диаграммы для формы авторизации

Предлагаемый авторами подход предполагает, что во время проектирования форм и переходов между ними, автоматически генерируются файлы с исходным кодом на языке QML. И наоборот, любая модификация кода приводит к изменению UX-диаграммы. Интеграция должна быть двунаправленной, что гарантирует поддержание проектной документации в актуальном виде.

Принцип построения UX-диаграммы. В приложении выделяются формы и действия, которые пользователь может на этих формах выполнить. Каждое действие приводит либо к переходу на другую форму, либо к выполнению некоторого фонового процесса.

1. ГОСТ Р ИСО 9241-210—2012 Эргономика взаимодействия человек-система — Часть 210: Человеко-ориентированное проектирование интерактивных систем

2. Tuomas Nissinen. User experience prototyping – a literature review: дис. Бакалавра. University of Oulu, Oulu, 2015

3. UML V1.4, OMG - Unified Modeling Language Specification (Version 2.5.1, December 2017)

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ДЕБАЯ И УРАВНЕНИЯ ШЕРРЕРА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ

Бокуняева А.О.[1, 2], Ворох А.С.[1]

[1)] Институт химии твёрдого тела Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: a.o.bokuniaeva@urfu.ru

COMBINATION OF THE DEBYE EQUATION AND THE SCHERRER FORMULA FOR EVALUATION OF PARTICLE SIZE

Bokuniaeva A.[1, 2], Vorokh A.[1]

[1)] Institute of Solid State Chemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

The particle size parameter affects properties of substance. The Scherrer formula and the Debye equation are used for particle size evaluation. The current paper describes the approach based on the joint use of these relations allowing to avoid limitations typical for them, taken individually.

Размер частиц сильно влияет на физические и химические свойства веществ. Уравнение Шеррера часто используется для определения размеров частиц порошковых образцов, если есть данные дифракции [1]. Результат, получаемый при использовании уравнения Шеррера, является лишь приблизительным, поскольку эта формула учитывает расширение пиков исключительно за счёт размерного эффекта. Использование уравнения Шеррера обеспечивает более точный результат в случае, когда одному пику соответствует единственный дифракционный максимум. В случае одной фазы, одному пику часто соответствует отражение от нескольких семейств атомных плоскостей, а в случае образца, состоящих из нескольких фаз, одному пику часто соответствуют рефлексы сразу нескольких фаз, что затрудняет расчёт.

Уравнение Дебая может также использоваться для вычисления размера частиц [2]. Это уравнение позволяет вычислить теоретические дифракционные пики по параметрам решетки, координатам атомов и размерам частиц всех фаз, входящих в состав образца. Если экспериментальные и теоретические дифракционные пики совпадают, то размеры частиц, используемые при расчёте теоретических пиков, соответствуют действительным значениям. Результат, получаемый с помощью уравнения Дебая, более точный, поскольку он учитывает рассеяние в любой точке, а не только в брэгговских углах, как в случае уравнения Шеррера. Ещё одно преимущество уравнения Дебая заключается в том, что его можно применять к аморфным образцам. Использование данного уравнения для определения размеров частиц занимает много времени.

В данной работе описывается метод определения размера частиц основан на совместном использовании формулы Шеррера и уравнения Дебая. Теоретические пики были получены с помощью программного пакета DIANNA, а разложение экспериментальных пиков осуществлено с помощью алгоритма, написанного на Python.

Представленный метод состоит из трёх этапов, представленных на Рис. 1. Первый этап заключается в применении формулы Шеррера к отдельному пику и получения начальных величин размеров частиц. Следующий шаг заключается в уточнении полученных значений с помощью уравнения Дебая. Далее необходимо вычислить R-фактор. Этот параметр показывает разницу между теоретическими и экспериментальными дифракционными данными. Если R-фактор не обеспечивает требуемой точности, то необходимо вернуться к предыдущему шагу и уточнить значения размеров частиц ещё раз. Этот шаг необходимо повторять до тех пор, пока точность не достигнет приемлемого значения. Результат, полученный с помощью предложенного метода, более точен, чем тот, который может быть вычислен только из уравнения Шеррера, и вычисления занимают меньше времени чем в случае использования только уравнения Дебая. Настоящий метод может применяться к любым данным дифракции, полученным с порошковых образцов.

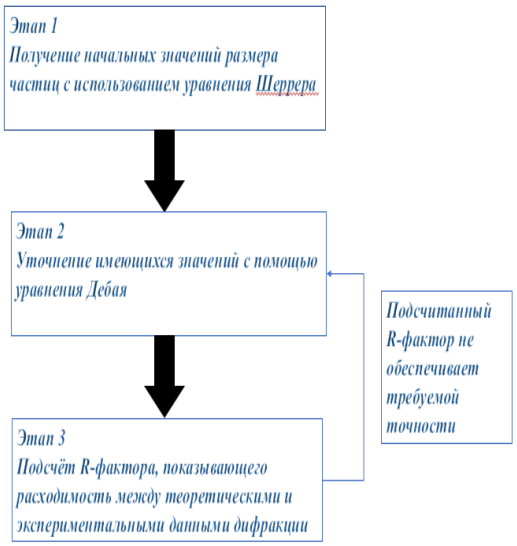


Рис. 1. Схематическое описание предложенного метода вычисления размера частиц.

Работа поддержана Российским научным фондом, проект №17-79-20165.

1. Scherrer, P. Bestimmung der Grosse und der inneren Struktur von Kolloidteilchen mittels Rontgenstrahlen (Gottingen: Nachrichten Gesellschaft Wissenschaft Gottingen), 98–100 (1918).
2. Debye, P. Ann. Phys. B, 46, 809-823 (1915).

РЕШЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЗАДАЧИ О МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РАДИАЛЬНО ВЫТЕСНЯЕМОЙ ЖИДКОСТИ

Черноскутов А.С.[1], Мартюшев Л.М.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: san4ya123@mail.ru

NONSTATIONARY PROBLEMS OF MORPHOLOGICAL STABILITY RADIALLY DISPLACED FLUID

Chernoskutov A.C.[1], Martyushev L.M.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this paper, we consider the morphological stability of a radially displaced fluid. The equation for the perturbation amplitude is obtained.

Большинство теоретических работ о морфологической устойчивости фронта радиально вытесняемой жидкости в ячейке Хеле-Шоу опирается на стационарное приближение Дарси (см., например, [1]). Очевидно, что для чисел Рейнольдса больше некоторого критического значения это приближение будет на верным и надо учитывать инерционные эффекты. Математическое приближение в этом случае приведено в [2]. Приближение основано на усреднении по толщине ячейки нестационарного уравнения Навье-Стокса, включающего инерционный член. В результате этого удается перейти от трехмерной к двумерной задачи. Интересно к чему приведет решение данного обобщенного уравнения для задачи о морфологической устойчивости фронта если вытесняющая и вытесняемая жидкости имеют близкие вязкости. Подобная задача, являясь важной, в литературе ранее не рассматривалась. Целью работы стало аналитическое решение этой задачи.

Формулировка задачи следующая: Пусть имеются две несмешивающиеся и несжимаемые жидкости. Считаем, что менее вязкая жидкость вытесняет более вязкую при горизонтальном движении между двумя параллельными плоскостями, расположенными на малом расстоянии друг относительно друга (в ячейке Хеле-Шоу). Будем рассматривать радиальное вытеснение одной жидкости другой в ячейке Хеле-Шоу. Через отверстия в центре круглой ячейки поступает вытесняющая жидкость с постоянным расходом. Движение рассматривается квазидвумерным, т.е. все характеристики потока усреднены по толщине. Исходя из постановки задачи, нестационарное уравнение Навье-Стокса совместно с уравнением непрерывности имеют вид подобный [2]. В некоторый момент времени граница раздела фаз подвергается искажению бесконечо малым гармоническим возмущением заданной моды.

Задача решается методом теории возмущений подобно работам [1, 3]. Было получено уравнение для амплитуды возмущения в безразмерных координатах.

Это уравнение позволяет определить размер морфологической устойчивости, т.е. размер начиная с которого изначально круглая поверхность раздела становиться морфологически неустойчивой относительно бесконечно малых возмущений.

Важным результатом проведенного анализа является то, что критический размер устойчивости увеличивается при увеличении расхода жидкости и оказывается больше значения, полученного без учета инерционного члена [1].

1. L. M. Martyushev, A. I. BirzinaTech. Phys. Letter, 34(3), 213 (2008).
2. E. O. Dias , J. A. Miranda, Phys. Rev. E 83, 066312 (2011).
3. A. S. Chernoskutov, L. M. Martyushev, AIP Conf. Proc. 2174, 020092 (2019).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ОПТИМАЛЬНОГО ДОСТАТОЧНОГО НАБОРА ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ РУССКОЯЗЫЧНЫХ ТЕКСТОВ

Черных Я.А.[1], Филимонов В.В.[1], Живодеров А.А.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Центральная научная библиотека Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия
E-mail: bukva32@yandex.ru

THE USE OF INFORMATION PARAMETERS IN THE FORMATION OF AN OPTIMAL SUFFICIENT SET FOR THE CLASSIFICATION OF RUSSIAN-LANGUAGE TEXTS

Chernykh Y.A.[1], Filimonov V.V.[1], Zhivoderov A.A.[2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Central Scientific Library Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

The article proposes the modernization of the optimal set of parameters for machine attribution of Russian-language texts using the information parameters of the R-function and D-function. These parameters are functions of the interaction of chaos and order in Russian-language texts.

В предыдущей работе [1] нами были разработаны статистические и модельные параметры для автоматической классификации русскоязычных текстов по жанрам. Из них методами дискриминантного и факторного анализа построен достаточный оптимальный набор, дающий хорошее качество автоматического разделения русскоязычных текстов (около 90%)

Для улучшения качества классификации мы предложили использовать информационные параметры хаоса и порядка [2]. Была определена степень влияния

этих параметров на качество машинной атрибуции. Их влияние оказалось статистически значимым и линейно независимым от влияний других используемых параметров. Поэтому их включение в оптимальный набор должно существенно повысить качество классификации.

Для проверки этого утверждения был создан подкорпус русскоязычных текстов, для которого были рассчитаны все использованные ранее параметры и к ним добавлены информационные параметры хаоса и порядка. На основе этого подкорпуса были проведены исследования оптимального набора классификации методами дискриминантного и факторного анализа.

1. V. V. Filimonov, A. A. Zhivodyorov, A. M. Amieva, E. D. Pykhova, V International Young Researchers' Conference. Physics, Technologies, Innovation AIP Conf. Proceed. 2015, 020022 (2018).

2. V. V. Filimonov, A. A. Zhivodyorov, Y. A. Chernykh, L. G. Gorbich, AIP Conf. Proceed., 2174, 020123 (2019).

RECURRENT NETWORK CLASSIFIER FOR ULTRAFAST SKYRMION DYNAMICS

Deviatov A.Ya.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
E-mail: day204@ya.ru

By using the supervised learning we trained a recurrent neural network to recognize and classify ultrafast magnetization processes realized in two-dimensional nanosystems with Dzyaloshinskii-Moriya interaction.

Understanding of relaxation processes in magnetic materials due to the ultrafast pulses realized with different experimental techniques plays a crucial role for creating next-generation magnetic storage and spintronic technologies. In the static case the magnetic state recognition and classification problems can be effectively solved neither with standard methods of machine learning such as support vector machine, k-means and others or with neural network approach [1]. In our study we follow the idea "classify a movie rather than snapshot" [2] and propose a recurrent neural network classifier for ultrafast skirmion processes of picosecond scale in two-dimensional materials (see at Fig. 1). The magnetic configurations calculated with

LLG [3] approach at different times of the relaxation process are used as input for the recurrent neural network. Having trained the recurrent neural network, we have constructed a phase diagram of processes realized in the ferromagnetic material depending on external parameters (damping constant and magnetic pulse width).

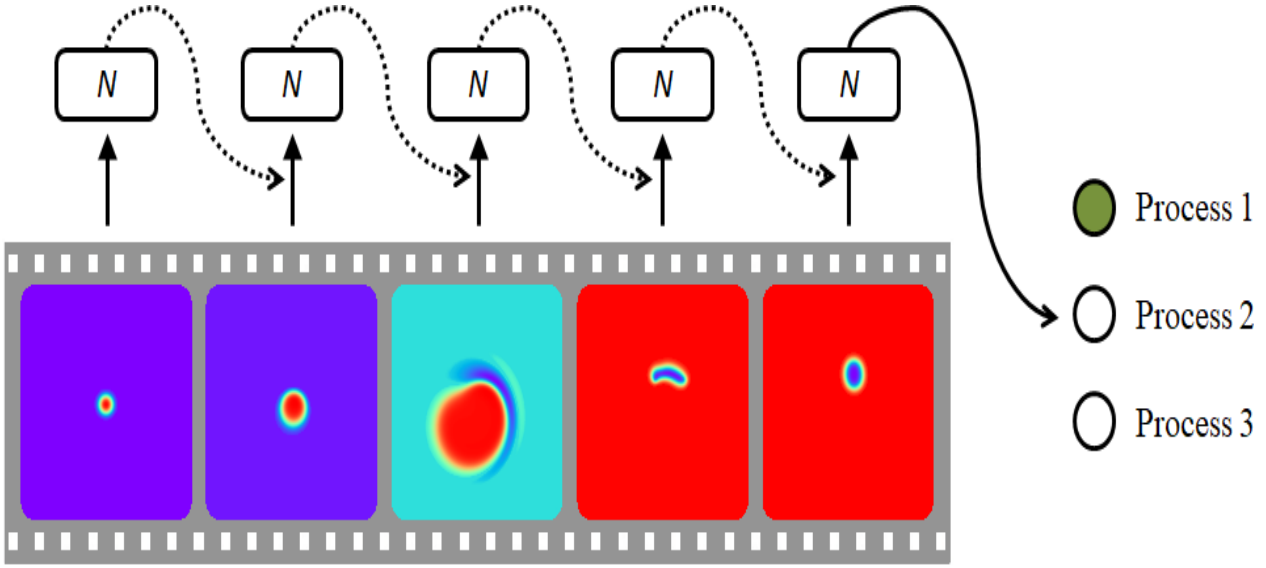


Fig. 1. Illustration of idea of the ultrafast skyrmionic process recognition. Magnetization dynamics is used frame by frame as an input for recurrent neural network providing the process classification.

1. I. A. Iakovlev, O. M. Sotnikov, and V. V. Mazurenko, Phys. Rev. B 98, 174411 (2018)

2. Evert van Nieuwenburg, International Workshop "Machine Learning for Quantum Manybody Physics", Max Planck Institute for the Physics of Complex Systems, Dresden, Germany (2018)

3. O. Eriksson, A. Bergman, L. Bergqvist, and J. Hellsvik, Atomistic Spin Dynamics: Foundations and Applications (Oxford University Press, 2017)

СИСТЕМНО-СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ IT-СПЕЦИАЛИСТА

Донцов О.Г.[1], Гольдштейн С.Л.[2]

[1)] ГАУЗ СО МКМЦ «Бонум», г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: physic@uralweb.ru

SYSTEM STRUCTURE MODEL OF IT-SPECIALIST ACTIVITY MANAGEMENT MECHANISM

Dontsov O.G.[1], Goldshtein S.L.[2]

[1)] GAUZ SO MKMC Bonum, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The article describes the system structure model of IT-specialist activity management mechanism and presents its incomplete decomposition.

В [1] был предложен пакет системно-структурных моделей механизма управления деятельностью IT-специалиста в составе пяти систем: деятельности IT-специалиста, многоуровневого управления этой деятельностью, репозитария нормативных документов, оценки деятельности, настройки на специфику медицинского учреждения. Все системы, кроме оценки деятельности, декомпозированы. В развитие предлагаем модель, приведенную на рисунке, удовлетворяющую по прототипу правилу Ингве-Миллера (не более 7±2 элементов).

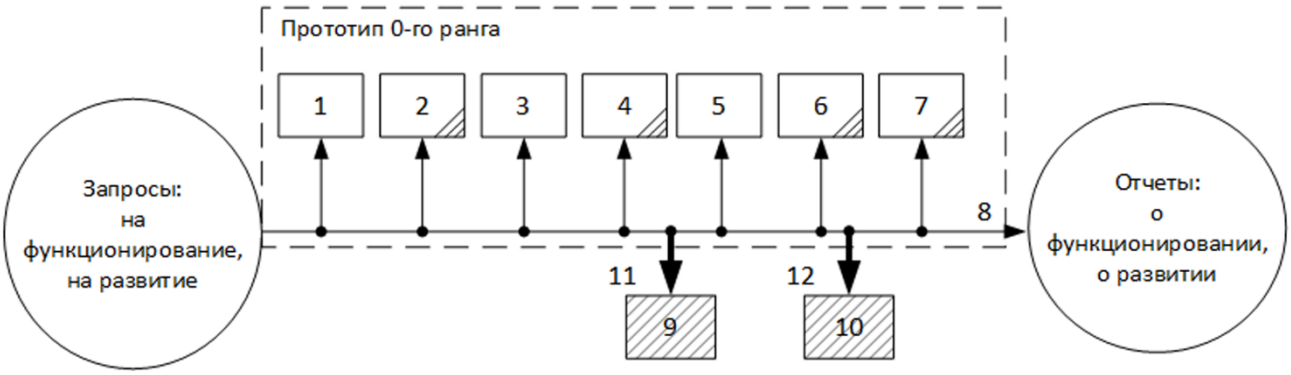


Рис.1. Системно-структурная модель механизма управления деятельностью IT-специалиста учреждения по компилятивному прототипу [1, 2] и предлагаемому решению: штриховка, уголки, жирные стрелки.

Системы: 1 – деятельности IT-специалиста, 2 – фиксации состояний деятельности в служебном пространстве учреждения, 3 – управленческих ресурсов, 4 – помех, 5 – многоуровневого управления, 6 – критериев оценки управления деятельностью IT-специалиста, 7 – фактических оценок, 9 – системной интеграции, 10 – адаптации, 8, 11, 12 – интерфейсов.

Система 2 при этом может быть реализована в формализме однополостного гиперболоида [3]. Системно структурная модель системы 4 помех управлению по компилятивному прототипу [4] и предлагаемому решению содержит подсистемы выявления и парирования помех: 4.1 – психологических и технологических, 4.2 – внутренних и внешних, 4.3 – естественных и искусственных, 4.4 – детерминированных и случайных, 4.5 – аддитивных и мультипликативных, 4.7 – взвешенных оценок, 4.6, 4.8 – интерфейсов). Так, например, известно, что психологические помехи эффективному управлению включают до 8 синдромов.

В результате работы была определена системно-структурная модель механизма управления деятельностью IT-специалиста и предложена её неполная декомпозиция.

1. О. Г. Донцов, С. Л. Гольдштейн, Е. М. Грицюк, Е. А. Дугина, Экономика и менеджмент систем управления, 4.3(30), 331–338 (2018).

2. Н. Н. Красовский, Теория управления движением: линейные системы, М.:Наука, (1968).

3. Г. С. Рачковская, Инженерный вестник Дона, 1(24), 20 (2013).

4. Д. В. Ньюстром, Организационное поведение, СПб.: Питер-Юг, (2000).

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННОГО НАУЧНОГО ЖУРНАЛА

Доронина А.В.[1], Грицюк Е.М.[2], Солонин Е.Б.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

[2)] ГАУЗ СО «МКМЦ «Бонум», г. Екатеринбург, Россия

E-mail: doro.a.v@mail.ru

THE DEVELOPMENT OF INFORMATION SUPPORT OF THE ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL

Doronina A.V.[1], Gritsyuk E.M.[2], Solonin E.B.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

[2)] State Autonomic Health Institution of the Sverdlovsk Region «Multiprofile Clinical Medical Center «BONUM», Ekaterinburg, Russia

During the literary and analytical review we analyze the structure of analogues of electronic scientific journal (ESJ), consider its subsystems in order to find an object that can be improved to increase the quality of work with the journal.

Электронные журналы заменяют бумажные за счет доступности и широкой информативности компьютерных изданий по сравнению с печатными. Электронные журналы необходимо регулярно поддерживать и улучшать, поэтому тема

развития информационной поддержки работы электронного журнала обладает высокой актуальностью, особенно, если речь идет о научных изданиях.

Мы проанализировали структуру аналогов электронного научного издания (ЭНИ), входящих в Scopus [1-5], рассмотрели их подсистемы с целью поиска объекта, который можно улучшить для повышения качества работы с журналом. Нами была составлена иерархия (Рис. 1), показывающая основные системы ЭНИ, собран пакет аналогов среди электронных научных изданий [1-5] и, в результате, найдена подсистема, которую мы считаем нужным улучшить.

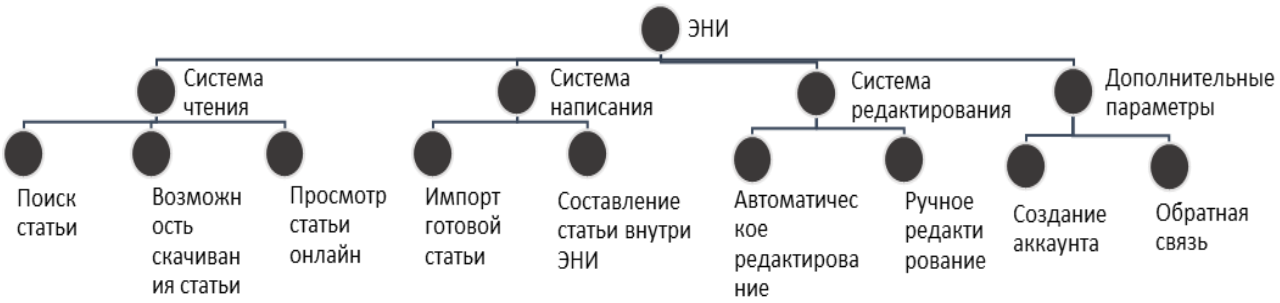


Рис. 1. Основные структурные составляющие иерархии

С целью улучшения мы рассматриваем систему написания статьи. Во многих ЭНИ при написании статьи подразумевается использование сторонних текстовых и графических редакторов. Такой способ создания научной статьи требует дополнительной обработки для отправления в ЭНИ и соблюдения нескольких условий:

1. соблюдения всех требований, представленных на сайте ЭНИ;
2. дополнительная работа с графиками, диаграммами, схемами, моделями, изображениями для обеспечения их сохранности в первоначальном виде в процессе загрузки статьи с другого устройства.

Таким образом, нами предложено создание среды внутри ЭНИ, в которой авторы смогут создавать статью без дополнительной обработки. В такой системе будут предусмотрены:

1. определенные поля с уже заданным шрифтом, отступами, полями для изображений и т.д.;
2. упрощенная работа с графиками, схемами и моделями, возможность составления моделей внутри ЭНИ;
3. деление текста на структурные части (Введение, основная часть, заключение);
4. возможность быстрого исправления ошибок, найденных в результате работы редакторов.

В результате работы, составлена иерархия, позволяющая разобраться в структуре ЭНИ; найдены интересующие нас структурные составляющие; предложены улучшения структуры электронных научных изданий, а именно системы написания. Полученная информация позволяет продолжить работу по улучшению ЭНИ.

1. For Authors / Science (American Association for the Advancement of Science) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.sciencemag.org/– (Дата обращения: 16.12.2019)

2. Terms and conditions / Perspectives in Medicine (Elsevier) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.sciencedirect.com/journal/perspectives-in-medicine – (Дата обращения: 16.12.2019)

3. Guide for authors / Environmental Research (Elsevier) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.journals.elsevier.com/environmental-research – (Дата обращения: 16.12.2019)

4. Guide for authors / Science of Computer Programming (Elsevier) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.journals.elsevier.com/science-of-computer-programming – (Дата обращения: 16.12.2019)

5. Guide for authors / Journal of Biotechnology (Elsevier) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.journals.elsevier.com/journal-of-biotechnology – (Дата обращения: 16.12.2019)

EVALUATION OF JOINT UNSUPERVISED LEARNING IN A WIDE RANGE OF BIOMEDICAL APPLICATIONS

Doroinin I.D.[1], Evstratov A.S.[1], Zalyatsky G.S.[1], Bolkisev I.A.[1], Teplova T.I.[1], Usova K.V.[1], Podpryatov V.A.[1], Ushenin K.S.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Immunology and Physiology Ural branch of the RAS, Ekaterinburg, Russia

In our study, we evaluate the accuracy of joint unsupervised learning for segmentation problems in a wide area of biomedical applications.

The segmentation problem frequently appears in the processing of 2D or 3D medical images. The best quality of segmentation may be reached with manual expert segmentation or deep neural networks, that trained with supervision. The last approach usually requires a training dataset and their collection involves significant difficulties in data anonymization and the expert markup.

In our study, we analyze the joint supervised learning approach, that proposed for the unsupervised segmentation problem in [1]. We analyze the applicability of this method on a wide range of biomedical data and compare the quality of segmentation with the basic solution, which is the clustering of image pixels using the K-Means method.

We obtained results showing that the joint unsupervised learning perform segmentation of two-dimensional images better than three-dimensional ones, and color images better than grayscale images. Finally, we reveal that the segmentation of leukocytes' nucleus in stained blood smears may be solved using the joined unsupervised learning

with the best accuracy that other tested problems. Also, we found optimal hyperparameters for all studied problems.

1. J. Yang, D. Parikh, D. Batra, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 16526930 (2016).

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ РОССИИ В 2017 ГОДУ

Дроздов В.А.[1], Неудачин И.Г.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: drovadim@mail.ru

POLLUTION OF THE ATMOSPHERE OF RUSSIA IN 2017

Drozdov V.A.[1], Neudachin I.G.[1]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

The need to study emissions of pollutants into the air of the constituent entities of the Russian Federation is determined by the importance of this resource for ensuring the life of citizens.

Выбросы загрязняющих веществ. Происходили регулярные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу стационарными источниками загрязнения, имеющимися у респондентов [1] и от автотранспорта в 2017 году [2]. Оказалось, что средние выбросы от стационарных источников загрязнения превосходят в 4,7 раз выбросы средств передвижения.

Здесь анализируются валовые выбросы. Они равны сумме выбросов от передвижных и стационарных источников загрязнения. Данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух представлены по 84 субъектам федеральных округов Российской Федерации в тысячах тонн.

Таблица 1. Субъекты с наибольшими и наименьшими выбросами

№	Наименование субъекта	Выбросы
1	Красноярский край	9089,44
2	Свердловская область	8661,34
83	Республика Ингушетия	32,78
84	г. Севастополь	30,55

Существует огромное отличие в 300 раз между первым и последним местом.

Распределение Парето. Итальянский математик Парето обнаружил, что существует общесистемная закономерность «20/80», которую можно сформулировать так: «в любой системе 20% элементов на 80% определяют ее недостатки». В

нашем случае 17 субъектов составили 20% от общего количества 84 респондентов.

Суммарный выброс 17 субъектов оказался 52999,5 тысячи тонн. Это составило 64% от общего количества выбросов 82694,8 тысяч тонн по Российской Федерации.

1. Бюллетени об охране окружающей среды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gks.ru/free_doc/doc_2017/bul_dr/ohrana/oxr_atv-2017.rar.

2. Обобщенные данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://25.rpn.gov.ru/sites/default/files/od-human-read/dannye_po_ocenke_vybrosov_zv_ot_peredvizhnyh_istochnikov_za_2017_god.xlsx.

САМООПТИМИЗИРУЮЩАЯСЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗАДАЧАМИ В ГЕТЕРОГЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ НА БАЗЕ SLURM

Дудина А.С.[1], Улитко В.А.[1], Аверьянова А.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: dudina.nastya@gmail.com

A SELF-OPTIMIZED JOB SCHEDULER FOR HETEROGENEOUS COMPUTING SYSTEM BASED ON SLURM

Dudina A.S.[1], Ulitko V.A.[1], Averianova A.N.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We offer a model of a self-optimizing job scheduler for a heterogeneous computing system. A key feature of the model is the automatic calibration when changing the configuration of the computing system.

В противовес классическим суперкомпьютерам, в последнее время возрастает интерес к распределенным гетерогенным вычислительным системам (РГВС), таким как грид-системы, а также к архитектурам, сочетающим в себе классические (CPU) и графические (GPU) процессоры [1]. Способам эффективного планирования задач в таких системах посвящен целый ряд работ [2,3].

В данной работе мы рассматриваем ограниченный круг задач, связанный с компьютерным моделированием различных решеточных моделей статистической физики классическим методом Монте-Карло. Популярным решением для распределения вычислительной нагрузки на суперкомпьютерах в подобных задачах является Slurm Workload Manager [4]. Распределение нагрузки в нем производится путем создания ресурсных запросов вручную пользователем. Однако в

случае РГВС создание оптимального ресурсного запроса становится проблематично, так как он зависит от конфигурации вычислительной системы. Мы сводим нашу задачу к задаче Монжа-Канторовича и предлагаем алгоритмическую модель самооптимизирующегося планировщика задач на базе Slurm. Ключевой особенностью нашей модели является возможность автоматической генерации оптимального ресурсного запроса.

1. С. М. Салибекян, П. Б. Панфилов, Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий, 1, 264-271 (2012).
2. E. Yom-Tov, Y. Aridor, Workshop on Job Scheduling Strategies for Parallel Processing, Springer, Berlin, Heidelberg, 169-187 (2007).
3. N. B. M. Nor, M. B. Hussin, H. B. Selamat, J. Comp. Sci & Comput. Math. 4(3), 42-48 (2014).
4. SLURM workload manager [Электронный ресурс]. URL: https://slurm.schedmd.com/documentation.html (дата обращения: 20.12.19)

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ СИСТЕМЫ ДОКУМЕНТООБОРОТА В МНОГОПРОФИЛЬНОМ МЕДИЦИНСКОМ ЦЕНТРЕ

Ефремова В.А.[1], Гольдштейн С.Л.[1], Грицюк Е.М.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ГАУЗ СО МКМЦ «Бонум», г.Екатеринбург
E-mail: efremovavalerika@gmail.com

THE DEVELOPMENT OF INFORMATION SUPPORT OF THE WORKFLOW SYSTEM IN THE MULTIDISCIPLINARY MEDICAL CENTER

Efremova V.A.[1], Goldshteyn S.L.[1], Gritsyuk E.M.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] State Autonomic Health Institution of the Sverdlovsk Region Multiprofile Clinical Medical Center «BONUM» Ekaterinburg, Russia

The article defines the concept and importance of workflow systems in medical institutions and other organizations. A literary and analytical review and assessment of the hierarchical structure based on this review were carried out. The criticism and the trajectory of work are outlined.

Существуют устойчивые определения системы документооборота [1].

Для сферы медицины организация системы документооборота также актуальна, т.к. существует потребность в оптимизации процессов и автоматизации механизма их выполнения для реализации функций контроля в сфере управления медицинским учреждением.

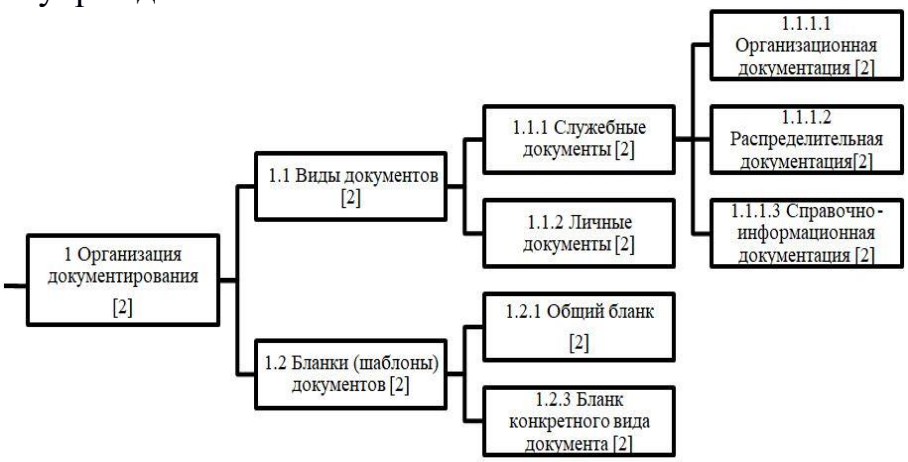


Рис. 1. Фрагмент иерархии системы документооборота

Проведен литературно – аналитический обзор по ключевым словам: документооборот, документационное обеспечение управления учреждением, система

электронного документооборота (СЭД), медицинский центр, иерархическая структура [2].

С использованием этих источников составлены иерархии понятий. На рис.1 приведён пример фрагмента иерархической структуры.

Нами проведена оценка полученной иерархии по методикам, предлагаемым Т.А. Гавриловой [3].

На основе проведенного анализа сделан вывод о том, что полученная иерархическая структура не удовлетворяет требованиям по результатам оценки, поэтому целесообразно для дальнейшего прототипирования улучшений составить новую модель с учётом всех правил построения онтологий.

1. Система документооборота / Корпоративный: [сайт]. URL: https://документооборот.net/novosti_i_pressrelizi/sistema_dokumentooborota.html
2. В. М. Чернышев, Делопроизводство в учреждениях здравоохранения, НГМУ, Новосибирск (2009)
3. Т. А. Гаврилова, Методы оценки онтологий для построения порталов знаний, Институт Системного Анализа РАН, (2011)

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Эркенова М.У.[1], Эльканова Л.М.[1]

[1)] Северо-кавказская государственная академия, г. Черкесск, Россия
E-mail: madina033@mail.ru

DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION FOR AUTOMATION OF EDUCATIONAL ACTIVITIES

Erkenova M.U.[1], Elkanova L.M.[1]
[1)] North Caucasus State Academy, Cherkessk, Russia

This article discusses the system of centralization of information and automation of educational activities. To solve this problem, it was decided to develop a project that centralizes all the information that can be useful to the student in the learning process.

Идея рассматриваемого приложения заключается в том, что все лекции, методички, шаблоны тех или иных работ ну и конечно расписание будут собраны в одном месте. В дальнейшем планируется ввести систему авторизации, которая позволит облегчить поиск нужной информации. Для того, чтобы приложение было полезным и для преподавателей было решено реализовать систему образовательной деятельности.

Система оценки успеваемости всегда была важнейшим компонентом процесса обучения. Однако сегодня, по мере того как прогресс прогрессирует и телефоны становятся неотъемлемой частью повседневной жизни, системы оценки

успеваемости, которые использовались в прошлом, нуждаются в модернизации, чтобы соответствовать современным требованиям к ведению учебного процесса. Сегодня на рынке существует множество подобных инструментов. Однако подавляющее большинство из них строго оптимизировано под конкретный ВУЗ. Конечно, можно перенастроить уже готовую систему, но это будет гораздо быстрее и проще сделать все с самого начала.

Данная система учета будет представлять базу данных и интерфейс для нее. База данных будет состоять из таблиц. Вначале будет спроектирована интерфейс приложения, расположения экранов, их взаимодействия и прочих вещей, которые кода непосредственно не касаются.

1. Гольчевский Ю.В., Северин П.А. Безопасное web-программирование: безопасность CMS, уч.пособие, СыктГУ: Сыктывкар, 68, (2013).

СОЗДАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ НАВИГАЦИИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОВЗ

Гайюлин Д.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: ft-dmitry@mail.ru

CREATING A MOBILE NAVIGATION APPLICATION FOR PEOPLE WITH DISABILITIES

Gayyulin D.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In the presented application a navigation system is designed specifically for finding safe walking routes and providing the necessary up-to-date information about the roads` conditions for people with disabilities. This system is a mobile application available on most smartphones.

Госпрограмма «Доступная среда» предполагает осуществление целого комплекса мер. Они включают в себя оборудование различных городских объектов изделиями, которые помогут людям с ограниченными возможностями намного лучше ориентироваться в пространстве, свободнее перемещаться по улице или внутри зданий и легче приспосабливаться к независимой жизни [1].

Исполнение государственной программы «Доступная среда» началось в 2011 году и было рассчитано до 2015 года включительно. В октябре 2014 года премьер-министр Дмитрий Медведев продлил её действие до 2020 года.

Перечень работ по внедрению доступной среды для инвалидов включает следующие пункты:

- обследование объекта,

• разработка плана мероприятий по комплексному дооборудованию индивидуально,
• поставка оборудования по программе доступная среда и его монтаж,
• обучение персонала эксплуатации оборудования,
• полное сервисное обслуживание.

Создание благоприятных условий и устранение небезопасных маршрутов безусловно создает возможность людям с особыми потребностями свободнее перемещаться на улицах, попадать в разные здания и чувствовать себя безопаснее, но все-таки некоторые проблемы остаются нерешенными и зачастую создают опасность для людей с ограниченными возможностями здоровья и не только.

Для содействия государственной программе, а так же для помощи властям в устранении опасных участков на пешеходных дорогах предлагается создать мобильное приложение навигации для людей с ОВЗ. Данная программа предназначена для мобильных устройств и является незаменимым помощником для людей при передвижении по пешеходным дорогам и тротуарам.

Рассмотрим, что включено в приложение навигации:

- удобное мобильное приложение предназначенное для большинства телефонов под управлением системы андроид;
- возможность выбора категории ограничения здоровья и предоставления информации по доступности объектов для выбранной категории;
- предоставление нескольких маршрутов движения между конечными пунктами в зависимости от уровня безопасности на маршруте (легкопроходимый, оптимальный, труднопроходимый);
- цветовое указание отдельных участков дороги, составляющих найденный маршрут, для индикации уровня труднопроходимости данного участка пути (зеленый, оранжевый, красный);
- предоставление полной информации о доступности зданий: наличие пандусов, специальных приспособлений, туалетов, проходов к ним;

Таким образом, образом приложение будет являться не только необходимым помощником для людей, предоставляющим актуальную информацию о состоянии дорог и помогающим в поиске безопасного маршрута, но так же поможет обратить внимание государства на наличие опасных участков и препятствий. Более того приложение может быть полезно так же для других категорий граждан: пенсионеры, мамы с колясками.

1. Государственная программа «Доступная среда», утверждена постановлением Правительства РФ от 01.12.2015 № 1297 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Доступная среда» на 2011 - 2020 годы».

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ, ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩИХ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ СТРАТЕГИЙ

Гусев А.О.[1], Мартюшев Л.М.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: xpbim3@gmail.com

SIMULATING OF A SYSTEM EVOLVING WITHING DIFFERENT STRATEGIES

Gusev A.O.[1], Martyushev L.M.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

There are a number of principles (strategies) known to rule an evolving system. We consider a simple energy system to test these different strategies.

Эволюция системы может происходить на основе различных принципов. Эти принципы могут быть основаны как на экстремизации некоторой величины, так и не быть связаны с ней. Относительно биологических систем, известным примером, относящимся к первой группе, является принцип максимальности прошедшей энергии через систему (принцип Лотки) [1], а ко второй группе – принцип естественного отбора Дарвина. Стратегия, лежащая в основе эволюции, влияет на скорость эволюции, ее чувствительность к начальным данным и возмущениям и т.д. Интересно изучить преимущества и недостатки каждой стратегий для систем, близких по свойствам к биологическим. Целью работы являлось построение модели простой биологической системы и исследование ее эволюции в рамках различных стратегий.

Эволюция происходит в питательной среде, в которой находятся тепловые машины-агенты, числом N. Питательная среда состоит из компонентов, энергетической ценностью L начальным количеством M0. Агент потребляет m компонента, при этом КПД усвоения энергии “одного компонента” равна η. Чтобы “поймать” компонент надо затратить энергию, которая зависит от концентрации компонента. Определим это как lM0/M, где l энергия поимки компонента, когда его текущее количество M совпадает с начальным количеством. Таким образом за единицу времени: Энергия, накапливаемая агентом: ηmL-mlM0/M; полная энергия, протекающая через агента Lm.

В начальный момент имеется несколько агентов с одинаковыми значениями η, m. Как только в ходе развития, агент накопит энергию 2amL, он превращается в двух агентов, у которых параметры η, m распределяются вблизи “родительских” значений на основе принятой стратегии (здесь amL это начальная энергия агента и a – константа, определяющая связь энергии и материи). В процессе эволюции, N увеличивается, агенты эволюционируют пока M не станет равным 0.

Было проведено два расчета по стратегии, условно: “Дарвина” (D) и “Лотки” (L). В D-стратегии параметры (η, m) потомков выбирались случайным образом (по нормальному закону) вблизи родительских (η*,m*), а в L-стратегии из выбранных случайным образом значений (η, m), отбирались те, которые максимизируют Lm. Стандартное отклонение для m принималось равным 0.03m*, а стандартное отклонение для η принималось равным 0.03(1-η*)η* (подобное усложнение принималось для того, чтобы исключить появление значений η вне диапазона от 0 до 1).

Наиболее интересно провести расчет для двух групп параметров: M0/m=10^6-10^7 либо с L/l=10, либо с L/l=100. В расчетах принимается общая начальная энергия в среде постоянной и равной M0L = 5•10^6 и a=1, а также начальные значения η=3, m=0.5.

По итогам моделирования наиболее интересными являются следующие наблюдения: В процессе адаптации колонии агентов наблюдаются не линейное изменение параметров агентов, в частности наблюдаются ярко выраженные осцилляции η и m; L-стратегии проявляет более устойчивое поведение в выборе вектора эволюции, тогда как D-стратегия показывает неустойчивое поведение, ведущие к случайным исходам.

1. A. J. Lotka, Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 8(6), 147-151 (1922)

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ОБНАРУЖЕНИЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ТРАФИКА

Гущина Ю.М.[1], Бабенко А.А.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет, Волгоград, Россия
E-mail: yulia.mig@mail.ru

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR DETECTING UNAUTHORIZED TRAFFIC

Gushchina Y.M.[1], Babenko A.A.[1]

[1)] Volgograd State University, Volgograd, Russia

In this paper the problem of information security in the network is considered. The methods of detecting unauthorized traffic to select the best were analyzed. A mathematical model for detecting unauthorized traffic and detection software have been developed.

С созданием и развитием компьютерных сетей задача информационной безопасности все также является актуальной. Чаще всего угрозой является сетевой трафик, то есть движение потоков данных между различными веб-ресурсами. Злоумышленники могут осуществлять перехват данных по сети, в результате

чего они получают конфиденциальные данные, пароли, корпоративную информацию и другие возможности, что может нанести значительный ущерб предприятию. Следовательно, создание средства обнаружения несанкционированного трафика является актуальным.

В данной работе были проанализированы существующие методы обнаружения несанкционированного трафика, в результате чего наилучшим является фрактальный анализ, являющийся поведенческим методом. Он обладает высокой адаптивностью к неизвестным атакам, позволяет более точно охарактеризовать поведение нагруженного сетевого потока.

В модели, основанной на фрактальном анализе, предполагается, что сетевой трафик удовлетворяет свойству самоподобия. Под самоподобием подразумевается повторяемость распределения нагрузки во времени при различных масштабах. Степень самоподобия процесса характеризуется показателем Херста H. Если значение H выходит за пределы соотношения $0.5<H<1$, то трафик является несанкционированным.

На основе данного метода было разработано программное средство, а также были проведены эксперименты, которые показали успешность его использования для обнаружения несанкционированного трафика. В первом эксперименте программа анализировала трафик в штатном режиме системы, в результате чего не было обнаружено несанкционированного трафика. Во втором эксперименте на систему была совершена DDoS-атака, в результате программа обнаружила несанкционированный трафик.

1. А. А. Браницкий, И. В. Котенко, Тр. СПИИРАН, 45, 207–244 (2016).
2. И. С. Кожевникова, Молодой ученый, 14, 31-34 (2017).

РАЗВИТИЕ МОДЕЛИ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ОШИБОК ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В РАМКАХ МЕТОДОЛОГИИ GIT FLOW

Янкиева К.Е.[1, 2], Кузнецов М.А.[2], Аверьянова А.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ИП Рак И.Г.
E-mail: deerkira@gmail.com

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE ERROR TRACKING MODEL WITHIN THE GIT FLOW METHODOLOGY

Iankieva K.E.[1, 2], Kuznetsov M.A.[2], Averianova A.N.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] PE Rak I.G.

Taking into account the peculiarities of the GitFlow methodology, it was proposed to create a system for tracking errors on the basis of a neural network, the algorithm of which would make it possible to report the casual library or the set of correlating libraries that caused the error.

Разработка программного обеспечения для просмотра интерьеров ведется по методологии GitFlow, то есть по методологии ветвления, и с использованием внутренних и сторонних библиотек, что приводит к возникновению следующих проблем:

- несовместимости используемых библиотек как при компиляции проекта, так и при выполнении;
- ошибок в предыдущих версиях программы при включении новых библиотек;
- невозможности обновления ветки разработчика, при параллельной работе над одним функционалом нескольких человек;
- конфликтов при слиянии ветвей разработчиков после завершения задачи.

Ошибки программного обеспечения фиксируются с помощью системы отслеживания ошибок ПО – специального приложения для учета ошибок в программном обеспечении и слежения за работами по их исправлению.

Были разработаны критерии для системы с учетом особенностей методологии разработки:

- в отчетах об ошибке должна указываться библиотека, которая стала причиной возникновения исключения, версия сборки;
- должна быть возможность интеграции с GitLab и CI/CD, так как эти средства автоматизируют процесс развертывания приложения на разных платформах (например, на телефоне или на персональном компьютере).

Был проведен литературный обзор и были рассмотрены различные варианты решения: баг-трекеры, экспертные системы, инструменты автоматизированного тестирования, системы с интеллектуальным интерфейсом.

Предлагаемый вариант решения данной задачи — разработка системы отслеживания ошибок ПО на основе нейронной сети [1]. Нейронная сеть способна обучаться, что делает решение гибким к разнообразным тестовым кейсам. Цель нейронной сети в такой системе отслеживания ошибок — нахождение библиотеки, из которой могла появиться ошибка ПО.

1. А. Д. Данилов, В. М. Мугатина, Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий: сб. тр. XIX междунар. конф. Белгород: Периодический научный сборник, 10-3, 6-9 (2016). №.

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОБЛЕМ В СИСТЕМЕ РАСПОЗНАВАНИЯ МАРКЕРОВ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Касоян К.Ф.[1], Рогович В.И.[1], Евсегнеев О.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: kasoyan.98@mail.ru

IDENTIFICATION OF PROBLEMS IN THE AUGMENTED REALITY MARKER RECOGNITION SYSTEM

Kasoyan K.F.[1], Rogovich.V.I.[1], Evsegneev O.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Description of the problems of augmented reality marker recognition technology.

Дополненная реальность представляет собой наложенную на внешний мир информацию, которую с помощью различных устройств можно считать в реальном времени [1].

В настоящее время дополненная реальность является одним из перспективных направлений, которое активно внедряется в жизнь каждого человека. Данная технология используется во многих сферах, в таких как обучение и тренировки, в ходе рабочего процесса, в продажах, при коммуникации, реабилитации и т.д. [2]

При создании системы распознавания маркеров дополненной реальности камера устройства распознает маркеры в реальном мире, преобразует их координаты в виртуальную среду, накладывает объект на маркеры и, таким образом, создает мир дополненной реальности.

Целью данной статьи является выявление недостатков в технологии распознавания маркеров дополненной реальности.

Одной из проблем является решение задачи распознавания образов, которая может быть проста для решения человеком, но для вычислительной техники остается затруднительной. Основными проблемами для достижения

поставленной цели может стать ограничения видеокамеры, особенности цветопередачи, освещения и вычислительной мощности устройств.

В технологии дополненной реальности существует проблема точного отображения виртуального объекта в реальном мире. Для получения и отображения достоверной информации необходимо решить задачу привязки 3D объектов к маркеру дополненной реальности или к плоскости.

Решить проблему сложности вычислений может распознавание в облаке. Оно является быстрым, так как там нет ограничения вычислительного ресурса, но также имеет свои минусы, например, задержка, вызванная ограничением скорости передачи данных в сети Интернет.

Также проблемой является реалистичность создаваемых 3D моделей, проецируемых на физический мир с помощью портативных, стационарных устройств, очков и линз дополненной реальности, на маркер.

Таким образом, были выявлены следующие проблемы при разработке системы распознавания маркеров дополненной реальности:

- точность распознавания образов;
- привязка 3D объекта к маркеру дополненной реальности;
- сложность вычислений;
- реалистичность создаваемых 3D моделей.

1. AR-Дополненная реальность [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/post/419437/

2. А. В. Иванова, СРРМ, 3, 108 (2018).

СЕЛЕКТИВНАЯ ОБРАБОТКА КТ-СНИМКОВ ТРАБЕКУЛЯРНОЙ КОСТНОЙ ТКАНИ ПРИ НАЛИЧИИ АРТЕФАКТОВ В ВИДЕ ПОГРУЖНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Худякова Я.О.[1], Маркина С.Э.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: yana199808@gmail.com

SELECTIVE PROCESSING OF CT IMAGES OF TRABECULAR BONE TISSUE IN THE PRESENCE OF ARTIFACTS IN THE FORM OF SUBMERSIBLE METAL STRUCTURES

Khudyakova Y.O.[1], Markina S.E.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Computed tomography is one of the informative methods of non-invasive diagnosis. Identifying artifacts can make them completely unsuitable for medical diagnosis. This work is devoted to the identification of CT-image artifacts and the search for methods for their elimination.

На данный момент компьютерная томография является одним из информативных методов неинвазивной диагностики, позволяющим проводить исследования широкого спектра объектов как биологических, так и промышленных с различным химическим составом и возможностью построения трехмерных моделей по полученным данным. Компьютерные томографы (КТ) наиболее часто используются в медицинской диагностике и характеризуются относительно низкими эксплуатационными затратами при высокой пропускной способности. Появление артефактов может не просто снизить визуальное качество изображений, но в ряде случаев сделать их абсолютно непригодными для медицинской диагностики [1].

Данная работа посвящена выявлению артефактов КТ-изображений и поиску методов их устранения. Довольно часто в исследуемой области присутствуют объекты с высокой плотностью, например, сделанные из металла, что вызывает засвечивание изображения. Это вызвано тем, что плотность металла сильно превышает нормальный диапазон значений, который томограф может отобразить, давая неполные профили ослабления. Из-за увеличивающегося количества использования имплантов как в стоматологии, так и в ортопедии проблема становится все более острой [2].

Если металлический объект нельзя удалить из области исследования, то снизить влияние артефакта можно повышая напряжение или уменьшая толщину среза и тем самым снижая эффект частичного объема. Другой способ устранения артефакта – использование алгоритмов обработки реконструированных изображений, например, считая металлические объекты непрозрачными, а данные,

соответствующие проходящим через них лучам, считать отсутствующими. Тогда для поиска этих отсутствующих данных используются итерационные методы. Так же можно использовать различные фильтры и модификации на изображении для нивелировки влияния артефактов на снимок.

В данной работе была произведена обработка снимков в среде визуального программирования MeVisLab. Использовались различные модули для выделения, фильтрации, масштабирования изображения КТ. При накладывании определенных фильтров изображение становилось более информативным, снижалось влияние артефактов и оставленных ими свечений. Благодаря такой обработке можно существенно повысить качество КТ-изображений что облегчит работу медицинским работникам и повысит шансы верно поставленного диагноза.

1. П. А. Кокорев, Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 47, 84 (2008).

2. М. Я. Марусина, А.О. Казначеева, Современные виды томографии. Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО (2006).

АДДИТИВНЫЕ 3D-ТЕХНОЛОГИИ В ОПЕРАТИВНОЙ ТРАВМАТОЛОГИИ

Кочегаров А.А.[1], Маркина С.Э.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: 5384kaath41@rambler.ru

ADDITIVE 3D TECHNOLOGIES IN OPERATIVE TRAUMATOLOGY

Kochegarov A.A.[1], Markina S.E.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

One of the important problems of medicine is the problem of bone injuries. A new methodology for preoperative planning in patients with injuries of the bones of the musculoskeletal system is proposed. The technique was implemented in MeVisLab and it is suitable for restoring any bones.

Одной из важных проблем в травматологии являются сложные переломы костей как, впрочем, и врождённые дефекты опорно-двигательного аппарата, требующие оперативного вмешательства при лечении.

В настоящее время подавляющее большинство заболеваний костей скелета диагностируется рентгенографией. Однако рентгенографическое изображение не даёт всей полноты пространственного расположения костных фрагментов, так как является двухмерным. Компьютерная томография также оказывается не столь эффективной, так как не позволяет производить какие-либо манипуляции с

изображением. Следовательно, время предоперационного планирования увеличивается, и возникают трудности при планировании.

Предлагается новая методология предоперационного планирования у пациентов с травмами костей опорно-двигательного аппарата. Метод заключается в следующем: выполняются КТ-снимки здоровой и травмированной конечности пациента и загружаются в специализированное программное обеспечение. Затем выделяется кость с деформацией или переломом и такая же симметричная кость, но без травм. Полученные таким образом данные преобразуются в две трёхмерные виртуальные модели и загружаются в программу-редактор. Модель здоровой кости зеркально отражается и накладывается на травмированную кость таким образом, чтобы обеспечить максимальное совпадение точек изображения, не затронутых деформацией. При помощи манипуляций и подсчётов, у деформированной кости определяются лишние фрагменты, выделяются и удаляются. Затем моделируются недостающие фрагменты (будущие имплантаты) путём выделения области между границами здоровой и подготовленной к имплантации кости. После этого модели имплантатов сохраняются отдельно в STL формате для передачи на 3D-печать. На основе полученных в результате вышеописанных действий данных составлялся протокол, размещаемый в операционной [1].

Описанная выше методика была реализована в среде MeVisLab [2].

Данный метод подходит для восстановления любых костей, позволяет повысить точность проведения оперативных вмешательств у пациентов с травмами костной системы опорно-двигательного аппарата, даёт возможность для детального изучения конкретных клинических случаев, способствуя принятию наиболее приемлемого решения о тактике дальнейшего лечения. Данная методика позволяет снизить временные затраты, уменьшить травматичность во время операции, а также способствует более точному расположению имплантатов с учетом индивидуальных особенностей каждого пациента. Кроме того, метод позволяет напечатать готовый имплантат кости до проведения операции.

1. В. Б. Шишкин, В. Г. Голубев, Предоперационное планирование в травматологии и ортопедии с использованием технологии трёхмерной компьютерной реконструкции и моделирования // Современные проблемы науки и образования [электронный ресурс] url: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21636 (дата обращения 10.12.2019).

2. MeVisLab Reference Manual [электронный ресурс] url: MeVisLab/Packages/MeVisLab/Resources/Documentation/Publish/SDK/MeVisLabManual/index.html (дата обращения 15.12.2019).

МЕТОДИКА РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ АЛГОРИТМА МЕТРОПОЛИСА ДЛЯ ПРОИЗВОЛЬНОЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ

Колотов И.М.[1], Штоль Л.В[1], Улитко В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: ilyoha5@mail.ru

PARALLELIZATION METHOD OF METROPOLIS ALGORITHM FOR ARBITRARY CRYSTAL LATTICE

Kolotov I.M.[1], Shtol L.V[1], Ulitko V.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The Metropolis algorithm is the most famous and widely used algorithm for simulation the lattice models of statistical physics. We offer a general methodology for parallelizing the Metropolis algorithm for an arbitrary lattice configuration.

Алгоритм Метрополиса [1] пользуется большой популярностью при программной реализации решеточных моделей статистической физики. Важной характеристикой любой трудоемкой вычислительной задачи является возможность ее параллелизации. В случае алгоритма Метрополиса, эффективная параллелизация возможна лишь при использовании многопроцессорных вычислительных систем с общей памятью. Бурное развитие в последнее десятилетие графических процессоров и других процессорных систем с общей памятью решает это проблему. Существующие стандарты распараллеливания программ, такие как CUDA SDK и OpenMP, предоставляют широкий набор инструментов для создания многопоточных программ. Однако специфика рассматриваемых задач такова, что способы распараллеливания сильно зависят от конфигурации рассматриваемой кристаллической решетки.

В этой работе мы предлагаем общий, не зависящий от стандарта распараллеливания, подход к параллелизации алгоритма Метрополиса для произвольной решетки, а также приводим оценку производительности наших алгоритмов для ряда часто встречающихся моделей. Предложенная нами методика является обобщением подхода, использованного нами в работе [2] и позволит упростить параллельную реализацию алгоритма Метрополиса для ряда статистических моделей, сохранив при этом эффективность вычислений.

1. N. Metropolis, S. Ulam. J. Am. Stat. Assoc, 44(247), 335-341 (1949). American statistical association 44.247 (1949): 335-341.

2. K. S. Budrin, et al. Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2018). (2018).he Systems with an Ising Hamiltonian under the Condition of a Constant Charge Density." Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2018). 2018.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСАХ

Кононов М.Н.[1], Авдеева Т.И.[1], Кононова Н.В.[1], Андрусенко Ю.А.[1]

[1)] Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия
E-mail: knv_fm@mail.ru

ENSURING INFORMATION SECURITY IN CLOUD SERVICES

Kononov M.N.[1], Avdeeva T.I.[1], Kononova N.V.[1], Andrusenko Ju.A.[1]
[1)] North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

The best measure to protect data from storage is the use of encryption technologies. A provider should always encrypt information from its servers to prevent unauthorized access. The provider must permanently delete data that is not required in the future.

Перед тем как довериться определенному провайдеру, компания должна удостовериться в том, что он действительно обладает средствами для обеспечения уровня надежности, необходимого для безопасной работы с приложениями и хранения данных в облаке.

Лучшая мера по защите расположенных в хранилище данных – использование технологий шифрования. Провайдер всегда должен шифровать хранящуюся на своих серверах информацию клиента для предотвращения случаев неправомерного доступа. Провайдер также должен безвозвратно удалять данные тогда, когда они больше не нужны и не потребуются в будущем.

Перед нами стояла задача разработать информационную подсистему обеспечения информационной безопасности для снижения вероятного ущерба от реализации угроз информационной безопасности и выполнения требований законодательства РФ в части защиты информации. При этом передаваемые данные всегда должны быть зашифрованы и доступны пользователю только после аутентификации. Такой подход гарантирует, что эти данные не сможет изменить или прочитать ни одно лицо, даже если оно получит к ним доступ посредством ненадежных узлов в сети. Упомянутые технологии разрабатывались в течение многих лет и привели к созданию надежных протоколов и алгоритмов (например, TLS, IPsec и AES).

Наиболее распространенным способом аутентификации является защита паролем. Однако провайдеры, стремящиеся предложить своим клиентам более высокую надежность, прибегают к помощи более мощных средств, таких как сертификаты и токены. Наряду с использованием более надежных к взлому средств аутентификации провайдеры должны иметь возможность работы с такими стандартами как LDAP и SAML. Это необходимо для обеспечения взаимодействия провайдера с системой идентификации пользователей клиента при авторизации и определении выдаваемых пользователю полномочий. Благодаря этому

провайдер всегда будет располагать актуальной информацией об авторизованных пользователях.

Лучший вариант: когда каждый из клиентов использует индивидуальную виртуальную машину и виртуальную сеть. Разделение между VM и, следовательно, между пользователями, обеспечивает гипервизор. Виртуальные сети, в свою очередь, развертываются с применением стандартных технологий, таких как VLAN (Virtual Local Area Network), VPLS (Virtual Private LAN Service) и VPN (Virtual Private Network).

Учитывая все критерии безопасности, мы разработали подсистему обеспечения информационной безопасности облачного сервиса, включающую в себя следующие функциональные подсистемы: управления доступом, регистрации и учета, обеспечения целостности, межсетевого экранирования, криптографической защиты информации, антивирусной защиты, обнаружения вторжений, анализа защищенности.

1. Bobin D.O. Materials of the I annual scientific-practical conference of teachers and students of the North Caucasus Federal University "University Science - the region" - Stavropol, LLC "Publishing and Information Center" Fabula ", 190-192 (2013).

2. Rudenko N.N. The concept of creating the All-Russian integrated system of informing and warning the population in places of mass stay of people - The Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Disaster Management - Moscow, 60 (2007).

МОДЕРНИЗАЦИЯ МОДУЛЯ «ПОСЕЛЕНИЕ» В ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ УРФУ

Корчагин И.С.[1], Рогович В.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: ivank_ft@mail.ru

MODERNIZATION OF «THE SETTLEMENT» MODULE IN UNIFIED INFORMATION SYSTEM URFU

Korchagin I.S.[1], Rogovich V.I.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In creating the information space for various departments of the university, many nuances must be taken into account. On the example of UrFU, the problems of the information system used in the settlement of students are considered.

Российские высшие образовательные учреждения стремятся удовлетворить все более возрастающий спрос населения на получение качественного образования, которое позволило бы выпускникам вузов после получения диплома

претендовать на высокооплачиваемые должности [1]. Однако стараясь повысить качество студентов, вузы все чаще сталкиваются с нехваткой рабочей силы и ресурсов для работы важных механизмов университетов. Одним из таких механизмов принято считать процесс поселения обучающихся в студенческие корпуса.

В процессе поселения вовлечено множество служб и подразделений университета. Существуют проблемы, когда информация между ними доходит с задержкой. Решение этой проблемы является создание единого информационного пространства, которое оперативно соединяло подразделения, «прокладывая» между ними канал обмена информации.

Предлагается модернизация модуля «Поселение» Единой информационной системы (университета – ЕИСУ) УрФУ. А именно реализация следующих функций:

1. Ведение жилищного фонда представителями объединенного студенческого городка (ОСГ), согласование с управлением развития студенческого потенциала (УРСП) – таким образом УРСП получает информацию об изменении статуса комнат;

2. За заместителями директоров, ответственных за поселение в институтах , закрепляется квота, в рамках которой они могут работать со студентами своего института;

3. Предоставление информации о количестве свободных койко-мест по общежитиям/квотам с группировкой по полу в реальном времени;

4. Подписание ордера и его аннулирование без удаления (для ведения журнала проживания и отслеживания перемещения студентов);

5. Фиксация заведующими общежитий даты въезда и выезда студента (без сбора, составления и передачи «Справки о движении» в УРСП);

6. Экспорт отчетов.

Таким образом, выполнение модернизации текущих информационных связок позволит сократить количество бумажной работы сотрудникам ОСГ, оперативно распределять свободные места сотрудникам УРСП, а также увеличит надежность и результативность (в том числе экономические показатели) процесса поселения.

1. Т. Н. Гурьянова, Л. К. Каримова, Вестник Казанского технологического университета, 8, 381-384 (2014).

2. А. П. Терентьева, С. Г. Куделин, Электронный научный журнал «Информационные технологии в управлении и экономике 11, 2 (2018).

3. Положение о модуле единой информационной системы университета «Поселение» СМК-ПВД-6-01-82-2016 : приказ ректора УрФУ №573/03 от 08.07.2016.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ С РАДИОАКТИВНЫМИ СРЕДАМИ

Костарев В.С.[1], Литвинов Д.Н.[1], Ташлыков О.Л.[1], Климова В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: slavakostarev@yandex.ru

MODELING OF THE COMBINED DESIGN OF RADIATION PROTECTION AND THERMAL INSULATION OF PIPELINES WITH RADIOACTIVE FLOWS

Kostarev V.S.[1], Litvinov D.N.[1], Tashlykov O.L.[1], Klimova V.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Presented are the results of simulation of thermal hydraulic and radiation weakening features of the combined design of a quick-detachable block radiation protection and thermal insulation of pipelines with various radioactive flows.

Тепловая изоляция является неотъемлемым элементом теплоэнергетического оборудования, влияющим на надежность и экономичность АЭС [1]. Некоторые трубопроводы с радиоактивными средами при температурах, требующих применения теплоизоляции, находятся вблизи маршрутов перемещения персонала, создавая дополнительный радиационный фон, который может вносить заметный вклад в дозу облучения. В связи с этим представляет интерес создание комбинированной с радиационной защитой блочной теплоизоляции [2].

В соответствии с основными принципами радиационной безопасности оптимизации радиационной защиты должно уделяться пристальное внимание. Причем оптимизации подлежат многие как организационные, так и технические мероприятия [3].

К тепловой изоляции на АЭС выдвигаются следующие требования:

- средние удельные тепловые потери с наружной поверхности теплоизоляции каждой единицы оборудования и трубопроводов не должны превышать 290 Вт/м²;
- температура наружной поверхности оборудования, расположенного в помещениях, доступных для осмотра при работе блока на мощности, не должна превышать 60 °С;
- температура наружной поверхности теплоизоляции в местах, доступных для персонала, не должна превышать 45 °С.

В представленной работе выполнено компьютерное моделирование теплогидравлических и ослабляющих характеристик комбинированной быстросъемной тепловой изоляции и радиационной защиты, выполненной в виде блоков, устанавливаемых на оборудование с помощью крепежных устройств, на

наружную поверхность которых установлен радиационно-защитный экран [2]. Поскольку требуемые характеристики радиационной защиты зависят от энергии гамма-излучения, при моделировании были рассмотрены жидкие среды, содержащие характерные радиоактивные изотопы

Теплогидравлическое моделирование защиты было проведено в программном пакете SolidWorks с помощью дополнения Flow Simulation по ранее верифицированной методике [4].

Расчет необходимых поглощающих свойств радиационной защиты был выполнен при помощи высокопрецизионных расчетных кодов, использующих метод Монте-Карло. Рассматривались разные материалы с целью получения оптимального состава защиты в зависимости от радиационных параметров радиоактивных сред в трубопроводах.

1. Tashireva I. A., Tashlykov O. L. Proceedings of the second scientific and technical conference of young scientists of the Ural energy Institute, 365-368, (2017).

2. Popov S. A., and Tashlykov O.L. Patent for Invention №2686428.

3. Mikhailova A. F., and Tashlykov O. L. Nuclear physics and engineering, 4, 393-401 (2018).

4. Popov S. A., and Tashlykov O.L. AIP Conference Proceedings, 2015, 1-8 (2018).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ РАБОТ В ГУ МЧС РОССИИ ПО СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Козлова О.А.[1], Ковалёв В.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: lineiro.v@gmail.com

DESIGNING THE INFORMATION SYSTEM FOR THE MANAGEMENT OF SURVEILLANCE ACTIVITIES AND PREVENTIVE WORKS IN THE MAIN DEPARTMENT OF THE EMERCOM OF RUSSIA

Kozlova O.A.[1], Kovalev V.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

General description of the development of an information system designed to optimize the work of the departments for management of supervisory activities and preventive work.

Информационная система (в дальнейшем – Система) управления надзорной деятельности и профилактических работ (в дальнейшем – УНДиПР) Главного управления МЧС России по Свердловской области предназначена для автоматизация деятельности по осуществлению в установленном порядке надзорных и контрольных функций в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и людей на водных объектах на территории Свердловской области.

Для совершенствования процесса работы в Системе необходимо реализовать несколько рабочих модулей, образующихся исходя из функционального назначения отделов УНДиПР, а именно: лицензирование объектов, работа с заявками и обращениями граждан, проведение инспекторских проверок, информирование населения, делопроизводство, статистика и отчеты.

Модуль «Статистика и отчеты» предназначен для мониторинга и оценки состояния ситуаций на объектах. Модуль должен собирать в себе основные категории, выделенные из основных областей деятельности УНДиПР, а именно: гражданская оборона (ГО), пожарная безопасность (ПБ), лицензионный контроль (ЛК), защита от чрезвычайных ситуаций.

Модуль «Заявки и обращения заинтересованных лиц» является связующим сегментом между сотрудниками отделов и физическими и юридическими лицами, а также государственными органами и органами местного самоуправления.

Модуль «Лицензирование» служит для организации и контроля проверки соответствия лицензиатов лицензионным требованиям, выдачу уведомлений и предписаний об устранении выявленных нарушений лицензионных требований.

Модуль «проведение инспекторских проверок» предназначен для сотрудников отделов УНДиПР, осуществляющих плановые проверки, а именно мониторинга и анализа результатов проверки, выполненной назначенным должностным лицом.

Модуль «Информирование населения» предназначен для организации обратной связи и информирования субъектов.

Модуль «Делопроизводства» предназначен для организации взаимодействия сотрудников отделов УНДиПр и документооборота для ведения дел по конкретным объектам на территории Свердловской области.

В ходе проектирования необходимо реализовать следующие виды работ:

1. Разработка концептуальной (функциональной модели), описание процессов
2. Разработка технического задания к Системе
3. Разработка логической и алгоритмических моделей
4. Разработка мер по защите Системы

1. Положение об управлении надзорной деятельности и профилактической работы Главного управления МЧС России по Свердловской области. Приказ ГУ от 24.09.2019 №666.

2. И. Ю. Коцюба, А .В. Чунаев, А.Н. Шиков, Основы проектирования информационных систем. Учебное пособие. СПб: Университет ИТМО (2015).

STAR VM VIRTUAL MACHINE

Kraglik I.D.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
E-mail: igor.kraglik@yandex.ru

STAR VM is a virtual machine that is built on top of the actor model. It combines execution model of Erlang's BEAM VM with JVM memory management mechanisms, such as Shenandoah GC, greatly simplifying implementation of efficient parallel software.

Modern software relies heavily on parallel code execution. An efficient implementation of a parallel programming model, when embedded into the programming language, greatly reduces software implementation cost while improving its reliability. One of such languages is Erlang [1]. Its most notable features are actor model [2] based concurrency and data immutability. Immutability helps avoiding a lot of programming errors, but significantly reduces computational efficiency. This paper describes STAR VM -- a novel virtual machine, created as an attempt to address problems faced in Erlang and JVM.

STAR VM is designed as a universal backend for programming languages. Its type system is simple and consist only of records and arrays. It is a register-based virtual

machine. Stack-based virtual machines are simpler, but they generally require about 30% more instructions for the same program than register-based virtual machines do [3]. One of the most important features of STAR VM is its ability to spawn individual workers, i.e. worker threads that are dedicated to a specific VM processes. Such processes are also allowed to communicate through shared memory. With this, the field of potential applications of STAR virtual machine becomes much wider than that of Erlang VM.

This advantage, however, was not free. STAR VM, like JVM, has several implementations of its memory management interface, including Shenandoah GC and G1 GC. These garbage collectors are well known for short STW pauses. It means that STAR VM shares heap between all processes, which also makes deadlocks possible.

As a result of this work, STAR virtual machine was implemented. It combines JVM execution model with actor-based concurrency and provides simple and convenient memory management interface, making it suitable in garbage collection algorithms research.

1. Armstrong, J., Virding, R., Wikström, C., and Williams, M. Concurrent programming in ERLANG. (1993)

2. C. Hewitt. Actor model of computation: scalable robust information systems. arXiv preprint arXiv:1008.1459. (2010)

3. Shi, Y., Casey, K., Ertl, M. A., and Gregg, D. ACM Transactions on Architecture and Code Optimization. 4(4), 1-36. (2008)

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ОДНОРОДНОГО КЕРНА МЕТОДОМ УПАКОВКИ СФЕРОПОЛИЭДРОВ: ВЛИЯНИЕ ДИЛАТАЦИИ НА ПОРИСТОСТЬ

Кунцевич Н.А.[1], Студенок С.И.[1], Петрова Е.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: nikita.kunzewich@yandex.ru

MODELING OF THE CORE STRUCTURE BY PACKING OF THE SPHERES-POLYHEDRA: INFLUENCE OF THE DILATATION AT THE POROSITY

Kuntsevich N.A.[1], Studenok S.I.[1], Petrova E.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this paper, we consider a method for modeling a core structure by packing of the spheres and sphere-polyhedra. The influence of dilatation on the integral structure parameters is studied. This method is useful for the modeling of porous materials and for studying their filtration properties.

Одним из возможных способов оценки фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) горных пород является метод математического моделирования структуры образцов горной породы (кернов) с помощью упаковки частиц (чаще всего сфер), который является более простым и быстрым по сравнению с лабораторными исследованиями или методами создания цифровых моделей керна по томограммам. В связи с тем, что результаты оптико-геометрического анализа шлифов горных пород не позволяют с достаточной степенью точности восстановить гранулометрический состав керна [1], да и сами зерна имеют сложную форму, оценка ФЕС по модельным упаковкам частиц носит приближенный характер.

В данной работе для моделирования структуры порового пространства керна использована упаковка сфероцилиндров (частный случай сферополиэдров, см. Рис. 1). Длина и радиус сфероцилиндров варьировались по нормальному закону со средним значением 1,0 мм и среднеквадратичным отклонением 0,5 мм. Варьирование размеров позволяет учитывать полидисперсность зерен керна и их возможную анизотропию [2].

Формирование упаковок проводилось в программе SIAMS LabDesk. Сфероцилиндры в количестве 5 000 насыпались в бункер кубической формы со стороной 30 мм по алгоритму First touching, суть которого в следующем. Каждая новая частица, падающая в бункер, останавливается после касания с первой другой частицей в упаковке. Падение выполняется несколько раз из разных начальных положений. Итоговым выбирается падение с наиболее глубоким занятым положением в бункере. Для создания более плотной упаковки затем выполняется серия

случайных смещений частицы. Выбирается позиция, дающая самое глубокое положение частицы в упаковке.

После формирования упаковки частиц выполняется операция дилатации частиц – увеличение их размеров с перекрытием между собой. Данная операция приводит к уменьшению пористости упаковки.

Таким образом, главными управляющими параметрами упаковки являются:

- величина дилатации (диапазон изменений от 0 до 1,4 мм);
- количество независимых падений частицы на упаковку;
- количество случайных смещений.

В качестве выходных параметров модели оценивались: 2D-пористость (пористость в случайном сечении) и 3D-пористость (общая объемная пористость). Зависимости 2D-пористости от величины дилатации сфер и сфероцилиндров в упаковке приведены на рис. 1. Результаты показывают, что использование сфероцилиндров для моделирования структуры керна дает большее значение пористости на шлифе по сравнению со сферами, при прочих одинаковых значениях параметров. Сравнение зависимости 3D - и 2D – пористости от параметра дилатации показывает, что эти значения близки, что позволяет проводить оценку объемной пористости по анализу случайного сечения упаковки. При увеличении дилатации пористость упаковки стремится к нулю, что в свою очередь, позволяет моделировать упаковки с любыми значениями пористости.

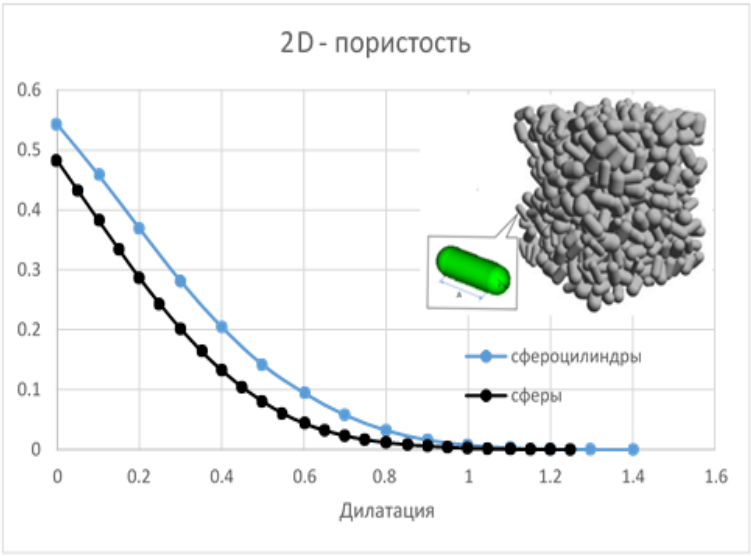


Рис. 1. Зависимости 2D-пористости в срезе от величины дилатации сфер и сферополиэдров в упаковке. Вставка - упаковка сфероцилиндров

1. В. А. Белкина, А. А. Забоева, Н. В. Санькова, Методы трёхмерного цифрового геологического моделирования: методические указания по проведению самостоятельной работы, Тюмень: Издательский центр БИК ТюмГНГУ, (2015).

2. M. S. Petrov, V. V. Gaidukov, R. M. Kadushnikov, Powder Metallurgy and Metal Ceramics, 43(7-8), 330-335 (2004).

ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАНАЛА С МИШЕНЯМИ ДЛЯ НАРАБОТКИ ИЗОТОПА СЕЛЕН-75

Литвинов Д.Н.[1], Костарев В.С.[1], Ташлыков О.Л.[1], Климова В.А.[1], Аристов Н.М.[1, 2], Злоказов С.Б.[2]

[1)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
[2)] АО «Институт реакторных материалов», г. Заречный, Россия
E-mail: danil.litvinov@urfu.me

THERMAL HYDRAULIC SIMULATION OF A CHANNEL WITH TARGETS FOR PRODUCTION OF SELENIUM-75 ISOTOPE

Litvinov D.N.[1], Kostarev V.S.[1], Tashlykov O.L.[1], Klimova V.A.[1], Aristov N.M.[1, 2], Zlokazov S.B.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] JSC “Institute of Nuclear Materials”, Zarechny, Russia

Presented are the results of thermal and hydraulic simulation of an exposed channel with targets with different amount of metal selenium for providing of optimal mode of selenium-75 isotope production in the IVV-2M reactor. Described are the stages of solid model creation of the target and its parts

Наработка изотопа селен-75 должна производиться в строго определенных условиях, как по температуре мишени, так и по параметрам нейтронного потока.

Целью представленной работы является проведение теплогидравлического моделирования и анализ условий наработки изотопа селен-75 в составе мишени, расположенной в облучательном канале реактора ИВВ-2М.

Компьютерное моделирование проводилось с использованием пакетов вычислительной гидродинамики Solidworks FlowSimulation, являющихся эффективным средством оценки условий протекания теплогидравлических процессов и поиска решений по интенсификации этих процессов [1-2].

Для достижения данной цели решались задачи: создание твердотельной модели (рис.1); проведение теплогидравлического расчета; анализ результатов.

Мишень для наработки изотопа селен-75 включает в себя определенное количество каналов с источниками, состоящими из капсул с металлическим селеном (рис.1). Гидравлическое моделирование проводилось для разного количества мишеней внутри облучательного канала, расположенного в активной зоне реактора ИВВ-2М.

Наработка изотопа селен-75 должна производиться в строго определенных условиях, как по температуре мишени, так и по параметрам нейтронного потока.

Целью представленной работы является проведение теплогидравлического моделирования и анализ условий наработки изотопа селен-75 в составе мишени, расположенной в облучательном канале реактора ИВВ-2М.

Компьютерное моделирование проводилось с использованием пакетов вычислительной гидродинамики Solidworks FlowSimulation, являющихся эффективным средством оценки условий протекания теплогидравлических процессов и поиска решений по интенсификации этих процессов [1-2].

Для достижения данной цели решались задачи: создание твердотельной модели (рис.1); проведение теплогидравлического расчета; анализ результатов.

Мишень для наработки изотопа селен-75 включает в себя определенное количество каналов с источниками, состоящими из капсул с металлическим селеном (рис.1). Гидравлическое моделирование проводилось для разного количества мишеней внутри облучательного канала, расположенного в активной зоне реактора ИВВ-2М.

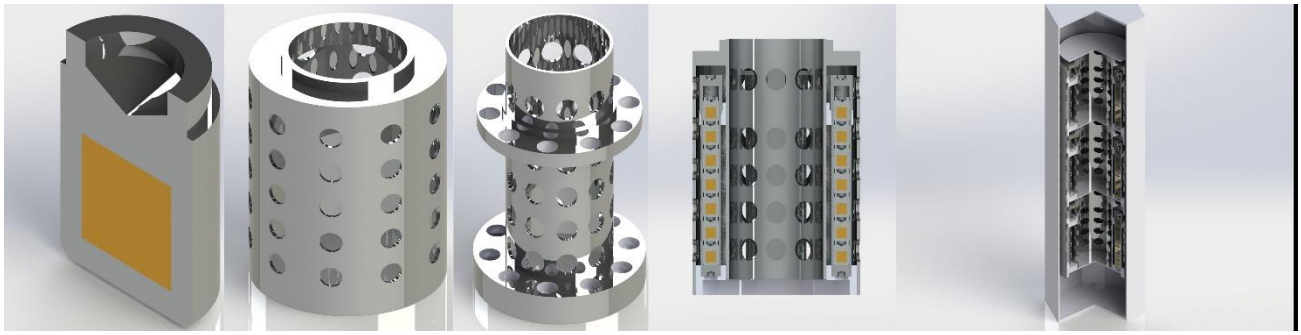


Рис.1. Твердотельные модели мишени и отдельных ее элементов для наработки селена-75.

1. Д. Н. Литвинов и др. Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти профессора Данилова Н. И. (1945–2015) (Екатеринбург, 11–15 декабря 2017 г.) 842-845, (2017).

2. Д. Е. Шумков и др. Тезисы докладов IV Международной молодежной научной конференции (Секции 3, 4, 5): Физика. Технологии. Инновации ФТИ-2017 (15–19 мая 2017 г.) 122-123, (2017).

ОПТИМИЗАЦИЯ КАСКАДА С ДВУМЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ОТБОРАМИ ДЛЯ ОДНОВРЕМЕННОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ИЗОТОПОВ МОЛИБДЕНА

Лубнин С.С.[1], Палкин В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: stepalubnin@gmail.com

OPTIMIZATION OF THE CASCADE WITH TWO ADDITIONAL PRODUCT FLOWS FOR THE SIMULTANEOUS CONCENTRATION OF INTERMEDIATE MOLYBDENUM ISOTOPES

Lubnin S.S.[1], Palkin V.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A technique has been developed for optimizing a multiflow cascades to obtain highly concentrated intermediate molybdenum isotopes. It has been shown that the bee swarm method can optimize the cascade better than other numerical methods.

The problem of highly concentrated molybdenum isotopes production in multiflow cascades is considered. A method of the cascade with two additional product flows optimization has been developed. Two components intermediate in weight are concentrated simultaneously in those flows [1]. The optimization problem is solved using a variation of the partial flow cuts of the cascade stages. The optimization criterion is the minimum of the stage total feed flow while ensuring a given concentration of isotopes. A computational experiment was carried out to separate a mixture of molybdenum hexafluoride. Various cases for the separation of molybdenum isotopes in cascades with large step separation coefficients corresponding to gas centrifuges were considered. The experiment demonstrated the features of intermediate components concentrating in additional product flows of the cascade. The optimization was carried out by various numerical methods. It is shown that using of the bee swarm optimization has an advantage over the Hook-Jeeves method.

1. V. A. Palkin, Atomic Energy, 127(5), 269-274 (2019).

О РОЛИ ЦИФРОВИЗАЦИИ В ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

Лукьяненко В.Ю.[1], Ташлыков О.Л.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: vera-lukyanenko@mail.ru

ON THE ROLE OF DIGITALIZATION IN EXPERIMENTAL RESEARCH

Lukyanenko V.Yu.[1], Tashlykov O.L.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The paper considers the features of experimental stands for research work. Possible ways of using digital technologies in optimizing the testing process of promising materials for nuclear power are presented.

В России эксплуатируются десятки исследовательских ядерных установок (ИЯУ), уникальных не только по техническому исполнению, но и в части реализуемых задач. В составе ИЯУ используются реакторные экспериментальные стенды, а также внереакторные конструкции, ядерно- и радиационно-опасные объекты, используемые при обеспечении реакторных испытаний различных объектов, в ряде случаев подлежащие модернизации либо выводу из эксплуатации. Причиной этого может служить конец срока их полезной эксплуатации или отсутствие их востребованности [1].

На базе АО «ИРМ» эксплуатируется экспериментальная база, в состав которой входят стенды «ПУРС», «РИСК», «УРАЛ» [2].

Стенд «ПУРС» предназначен для внереакторной подготовки и обеспечения ресурсных испытаний петлевых каналов. На стенде проводятся исследования в области термоэмиссии, высокотемпературные испытания твэлов ядерных установок. Стенд «РИСК» предназначен для обеспечения реакторных испытаний твэлов, макетов твэлов и топливных композиций в инертной газовой среде. На стенде проводится анализ выхода газовых продуктов деления из топлива. Стенд «УРАЛ» предназначен для проведения внутриреакторных испытаний конструкционных материалов в условиях воздействия ионизирующих излучений. На стенде проводится облучение образцов в инертно-газовых средах и вакууме, в жидком азоте, коррозионные испытания в жидких и газовых средах, механические испытания образцов конструкционных материалов.

Характерными чертами стендов являются расположение основного оборудования в кладке биологической защиты реактора в составе ИЯУ, разветвленность ответственных коммуникаций, размещение основного оборудования вблизи мест работ с открытыми источниками ионизирующего излучения, размещение оборудования в полуобслуживаемых либо необслуживаемых помещениях, а также частые конструктивные изменения. Так же значимую роль играет

эксплуатационный персонал. По причине длительного срока эксплуатации экспериментальных стендов, в жизненном цикле стенда принимают участие несколько поколений сотрудников, что влечет за собой проблему передачи уникального опыта и практических знаний без больших временных затрат.

Одним из способов применения современных технологий в области проведения ресурсных исследований в атомной отрасли может стать создание цифровых моделей как отдельных узлов, так и целых комплексов оборудования, отражающих все необходимые параметры для обеспечения сходимости результатов цифрового моделирования течения эксперимента с его реальным проведением. Существенный прорыв в развитии цифровых технологий, позволивший увеличить вычислительные мощности и снизить цену их использования, позволил объединять информационные технологии с операционными процессами для создания цифровых двойников.

Совершенствование процесса проведения исследования с использованием экспериментальных стендов может производиться на этапе планирования эксперимента за счет использования цифровых моделей как самих стендов, так и объектов, подлежащих исследованию.

1. Lukyanenko V. Yu. et al. Energy and resource conservation . Energy supply. Non-traditional and renewable energy sources: materials of the all-Russian scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists with international participation (Yekaterinburg, December 11-15, 2017). Ekaterinburg: Ural Federal University. – 742-743 (2017).

2. Mikhailova A. F., Lukyanenko V. Yu., Tashlykov O. L. Proceedings of the second scientific and technical conference of young scientists of the Ural energy Institute. Yekaterinburg: URFU named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, 358-360 (2017).

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ МЕДИЦИНСКОГО АРХИВА

Лян И.А.[1], Солонин Е.Б.[1], Грицюк Е.М.[2], Гольдштейн С.Л.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ГАУЗ СО МКМЦ «Бонум», г. Екатеринбург
E-mail: gromova.alexira@gmail.com

THE DEVELOPMENT OF INFORMATION SUPPORT OF THE MEDICAL ARCHIVE

Lyan I.A.[1], Solonin E.B.[1], Gritsyuk E.M.[2], Goldshtein S.L.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] State Autonomic Health Institution of the Sverdlovsk Region Multiprofile Clinical Medical Center «BONUM» Ekaterinburg, Russia

We conducted a literary and analytical review of information support for work related to the medical archive. Based on the analysis of analogues, a hierarchy of the medical archive information support system was compiled. The resulting hierarchy was investigated and the proposed improvem.

Медицинские услуги пользуются высоким спросом. Для компьютерной поддержки получения медицинской помощи было изобретено большое количество программ, но в условиях растущей конкуренции медицинские учреждения нуждаются в развитие и их программные средства поддержки.

Мы провели литературно аналитический обзор по программному обеспечению работы медицинского архива. Составили иерархию системы по рассмотренным аналогам, с помощью которой мы сможем определить подсистемы для дальнейшего улучшения.

Для проведения оценки работы системы нами были выбраны 6 наиболее используемых и развитых программ (МЕДМИС [1], MEDESK [1], ONDOC [1], MedWork [1], STOR-M [2], LMA ISIDA Retriever [3]), по которым мы разбили на 3 основных блока работы всей системы и определили их дальнейшие составляющие (рис. 1).

Система программной поддержки информации о пациенте состоит из: электронная карта пациента (ЭКП), механизм использования оперативной информации, механизм использования ретроспективной информации. Такое строение программных предметов позволяет осуществлять функции получения и фиксирования информации о пациенте и оказываемой медицинской помощи. Когда в медицинское учреждение поступает новый пациент, ему создают электронную карту пациента (ЭКП). На этом этапе вносят паспортные данные и сведения о диагностике и лечении. Механизм использования оперативной информации

состоит из ввода данных о пациенте, сохранения полученной информации и её удаления, что, по сути, выполняют все выбранные нами программы.

Механизм использования ретроспективной информации помогает готовить полученные данные к длительному хранению, в том числе создаёт ключевой архивный номер каждой ЭКП [4] и можем хранить информацию по разным категориям данных (по дате поступления, по больнице, по году рождения). Мы предлагаем для улучшения нашей программы внести подсистему анализа информации о пациентах и состоянии их здоровья при поступлении в медицинское учреждение и при выписке, по полученным данным подсчитать потенциал ресурсно-результативный [5], чтобы определить качество работы медицинского учреждения.

В ходе проделанной работы мы провели литературно-аналитический обзор с подбором аналогов для системы программной поддержки информации о пациенте. Составленная иерархия по полученным аналогам в процессе аналитического обзора адаптирована к специфике работы средств программной поддержки медицинского архива. И сделано предположение о необходимости ввода в систему для улучшения электронного медицинского архива.

1. ЭКП (электронная карта пациента) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.livemedical.ru/tags/elektronnye_medicinskie_karty/

2. STOR-M (Платформа электронного архива) [Электронный ресурс]. – URL: https://stor-m.ru/page.jsp?pk=node_1283239502170/

3. LMA ISIDA Retriever (Электронный архив технической документации на платформе LMA ISIDA Retriever) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.labma.ru/wp-content/uploads/2015/03/3921-3.1.259-TA-Whitepaper-RU.pdf/

4. Архив медицинский документов ГАУЗ СО МКМЦ «Бонум» [Электронный ресурс]. – URL: https:// bonum.info/napravleniya-raboty /

5. Семенова О.А. (Развитие моделей системы устойчивость функциональных структур медицинского учреждения) [Электронный ресурс]. – URL: https://sys-int.ru/sites/default/files/sys-int-29-44-63_0.pdf

РАЗРАБОТКА АИС ВЫБОРА ПРОГРАММ РЕАБИЛИТАЦИИ В МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНОМ РЕАБИЛИТАЦИОННОМ ЦЕНТРЕ

Махкамов П.Б.[1], Козлова В.П.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: makhkamov.parviz@mail.ru

THE DEVELOPMENT OF AIS FOR SELECTING REHABILITATION PROGRAMS IN A MULTIDISCIPLINARY REHABILITATION CENTER

Makhkamov P.B.[1], Kozlova V.P.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The paper considers the features of the information system of a multidisciplinary rehabilitation center for children with disabilities.

Дети с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) составляют достаточно многочисленную группу детского населения. Необходимым звеном в системе помощи таким детям является комплексное психолого-педагогическое и медико-социальное сопровождение, в основе которого лежит индивидуальная коррекционно-развивающая программа. Выявление потенциальных возможностей ребёнка происходит в разные временные периоды, иногда в течение нескольких лет. Полученные результаты могут значительно различаться, т.к. процесс сопровождения охватывает разные возрастные группы.

Для поддержки успешного функционирования мультидисциплинарного Центра психолого-педагогического и медико-социального сопровождения детей с ОВЗ актуальным является создание автоматизированной информационной системы (АИС) [1], в состав которой включены:

- блок ранней помощи (возраст детей от 0 до 3 лет);
- блок ТПМПК (территориальной психолого-медико-педагогической комиссии, определяющей образовательный маршрут сопровождаемого / обучающегося с ОВЗ или инвалидностью в возрасте от 0 до 23 лет) [2];
- блок психолого-педагогической помощи (в течение всего периода обучения / сопровождения);
- блок образовательных программ (программы дошкольного, начального, среднего и дополнительного образования);
- медицинский блок, реализующий программы здоровьесбережения, здоровьеформирования и реабилитации.

Отсутствие автоматизированных средств сбора, обработки и анализа больших, разнородных по составу объемов информации в ходе реабилитационных мероприятий определяет цели данного исследования - проведение системного анализа процесса сопровождения детей с ОВЗ и инвалидов, разработка модели системы поддержки принятия решений по психолого-медико-социальному

сопровождению и мониторингу психологического развития в условиях мультидисциплинарного реабилитационного центра.

Разработка модели психолого-педагогического сопровождения и социально-личностного развития детей с ОВЗ будет способствовать повышению качества работы с обучающимися / сопровождаемыми, сокращению временных затрат психолога-педагога на монотонную обработку результатов, обеспечению более эффективного использования методик диагностики, а также освобождению времени специалистов на личное консультирование и успешную социализацию ребёнка в обществе.

1. А. В. Гусев, Т. Зарубина, Врач и информационные технологии, 2, 60, (2017).
2. Е. В. Логинова, Вестник НГИЭИ. 1, 18, (2018).

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЦЕН НА АКТИВЫ ДЛЯ ГИБРИДНОГО РЫНКА

Маклакова Е.И.[1], Перевалова Т.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: tatyana.perevalova@urfu.ru

ASSET PRICE DYNAMICS FOR A HYBRID MARKET

Maklakova E.I.[1], Perevalova T.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In an attempt to capture a salient feature of hybrid financial markets we propose a simple model of an asset market with heterogenous traders. The resulting asset price dynamics is generated by a one-dimensional 5-piece linear map with discontinuities.

В попытке уловить отличительные особенности гибридных финансовых рынков мы изучаем модель рынка активов с гетерогенными трейдерами. Мы предполагаем, что в ответ на слухи об алгоритме трейдеров на рынке менее искушенные инвесторы устанавливают интервал без торгов.

Целью данного исследования является изучение данной математической модели, описываемой стохастическим разностным уравнением, заданной пятикусочной функцией с двумя точками разрыва.

В случае детерминированной модели, опираясь на понятия и методики, представленные в работе [2], мы описываем равновесия, параметрические зоны их существования и бассейны их притяжения. Следующим шагом в исследовании является изучении возникающих бифуркаций и построение карт динамических режимов. В случае, когда в системе учитывается случайный фактор метод доверительных областей и функции стохастической чувствительности [1] применяются для количественной оценки чувствительности равновесий и циклов к

различным типам шума. Также в случае сосуществования нескольких аттракторов, описываются механизмы индуцированных шумом переходов.

1. G. Milstein, L. Ryashko, Journal of Applied Mathematics and Mechanics, 59, 47-56, (1995)
2. I. Sushko, L. Gardini, V. Avrutin, Journal of Difference Equations and Applications, 22(12), 1816-1870 (2016)

УКАЗАТЕЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ УПРУГИХ МОДУЛЕЙ 3D И 4D-АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ

Берестова С.А.[1], Мамылин Д.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: s.a.berestova@urfu.ru

VECTORIAL SURFACES OF 3D AND 4D-REINFORCED COMPOSITES ELASTIC MODULES BY ORIENTIRUNGS STEREOLOGIE

Berestova S.A.[1], Mamylin D.A.[1]
[1)] Ural federal university, Yekaterinburg, Russia

The study of young's and shear modules is proposed for anisotropy 3D and 4D-reinforced composites. Elastic properties are described by means of proper elastic states. Vectorial surfaces are constructed for analyze the nature of the anisotropy of the material depending on method of reinforcement.

В некоторой произвольной точке среды связь напряжений и деформаций записывается с помощью обобщенного закона Гука. Эффективный тензор податливости композита, определяющий эксплуатационные свойства композитов, связывает усредненные по объему тензоры напряжений и деформаций [1].

В шестимерном пространстве симметричных тензоров напряжений и деформаций выбран ортонормированный базис. Все тензорные равенства представимы в виде скалярных соотношений с использованием ортогональных разложений тензоров второго и четвертого ранга. Тензоры четвертого ранга, тензоры коэффициентов податливости композита, матрицы и волокон представлены в виде спектральных разложений.

Материалы матрицы и волокна изотропны. При этом 3D и 4D армированные композиты с одинаковым относительным содержанием волокон каждого направления имеют три взаимно ортогональные оси симметрии четвертого порядка. Композит обладает кубической макросимметрией. С учетом симметрии упругие свойства определяются тремя константами.

Эффективные характеристики композитов рассчитываются пошагово. Вначале вычисляются характеристики однонаправленного композита [2]. Формулы содержат упругие свойства матрицы и волокон, а также объемное содержание

волокон в матрице. В итоге модуль Юнга в направлении и модуль сдвига при сдвиговой деформации в плоскости двух направлений определяются собственными упругими константами: эффективным модулем объемного сжатия и двумя эффективными модулями сдвига.

Визуализация результатов аналитического моделирования упругих свойств волокнистых композиционных материалов была проведена в среде Mathcad, позволяющей наглядно иллюстрировать и анализировать характер анизотропии композитов в зависимости от упругих свойств компонент и схемы армирования.

На рисунке построены указательные поверхности, в наглядной форме задающие значения модуля Юнга в произвольно выбранном направлении трехмерного пространства для двух предельных моделей: 3D и 4D армированных углерод-углеродных композиционных материалов. В качестве исходных данных были взяты характеристики реальных композиционных материалов. Упругие свойства матрицы и волокон задаются объемными 5,8 ГПа и 242 ГПа и сдвиговыми модулями 1,3 ГПа и 11,5 ГПа. Объемное содержание волокон 0,6. Относительное объемное содержание волокон для каждого направления армирования одинаково.

Построенные указательные поверхности позволяют анализировать характер анизотропии материала в зависимости от способа армирования, который оказывает существенное влияние на механические свойства. Из рисунков видно, что поверхности, как и следовало ожидать, качественно отличаются при двух предельных схемах армирования. Максимумы одной модели соответствуют минимумам второй. Варьирование объемной доли волокон сказывается на значениях модулей, но не меняет кривые качественно. Иллюстрации показывают качественное отличие кривых для 3D и 4D армированных композитов и количественное отличие кривых при различных объемных долях волокон.



Рис. 1. Векториальные поверхности модуля Юнга 3D (слева) и 4D(справа) - армированных композитов.

1. Kainer K. U., Metal Matrix Composites. Custom-made Materials for Automotive and Aerospace Engineering. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim (2006).

2. Биткин В. Е., Жидкова О. Г., Комаров В. А., Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение, 17(1), 100-117 (2018).

РАЗВИТИЕ КОГНИТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

Сачков И.Н.[1], Турыгина В.Ф.[1], Форд В.[2], Матковская А.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Университет Аркадия Гленсайд, штат Пенсильвания, США
E-mail: alenamatkovskaya@gmail.com

THE DEVELOPMENT OF COGNITIVE INFORMATION TECHNOLOGY IN PHYSICS EDUCATION

Sachkov I.N.[1], Turygina V.F.[1], Ford V.[2], Matkovskaya A.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Arcadia University Glenside, Pennsylvania, USA

The work is devoted to the development of informational techniques to improve the cognitive motive of students' learning. The purpose is the creation of IT content, the most striking achievements of science in the last seven years.

За последние семь лет в физике произошла научная революция. Однако его содержание не отражено в большинстве учебников. Авторы ввели использование системы электронных учебных пособий, которые обеспечивают основу для новых разделов общей физики. Эти руководства посвящены таким темам, как процессы появления химических элементов, синергетические особенности изменений в структуре Земли, физические основы изменения климата и т.д. Особенности методологии использования этих руководств описаны в статья.

Курс общего содержания физики в основном основан на описании явлений, открытых более 50 лет назад. Между тем за последние семь лет произошла научная революция. Бумажные издатели не успевают обновлять всю информацию.

Курсы по физике и естествознанию были исключены из обучения по большому количеству специальностей, даже среди студентов информационных технологий. И эти курсы являются одной из основ формирования мировоззрения студентов технических специальностей.

К недостаткам традиционной системы преподавания физики можно отнести то, что она основана в основном на словесных способах подачи материала.

Проблема формирования и взаимодействия учебных мотивов у студентов в процессе изучения курсов физики с помощью электронных учебников.

Чтобы предоставить студентам наиболее актуальные знания по физике, авторы на протяжении многих лет разработали систему электронных учебных пособий по физике.

Преимущества использования этой формы руководств заключались в следующем:

- Количество и содержание руководств обновлялись каждый год. Для бумажных изданий такой возможности не было.

- Электронная форма позволила использовать цветные иллюстрации, которые позволили использовать невербальный, то есть визуальный канал информации.

- Обсуждаемая форма позволила при необходимости обеспечить дистанционную работу со студентами.

Следует отметить, что система учебных пособий является динамичной, постоянно меняющейся структурой. Содержание коллекции разрабатывается и обновляется ежегодно.

Взаимосвязь мотивов образует своеобразную структуру, изучению которой был посвящен ряд работ нашей команды последние несколько лет. Показано, что структура учебных мотивов меняется в зависимости от возраста учащихся, контингента, конкретного учебного заведения и т. д.

Следует отметить, что важнейшая особенность познавательной деятельности студентов заключается в эффекте эмерджентности, благодаря которому наличие познавательного мотива может усиливать действие всех остальных мотивов обучения.

Действие эффекта эмерджентности иллюстрирует рис.1.

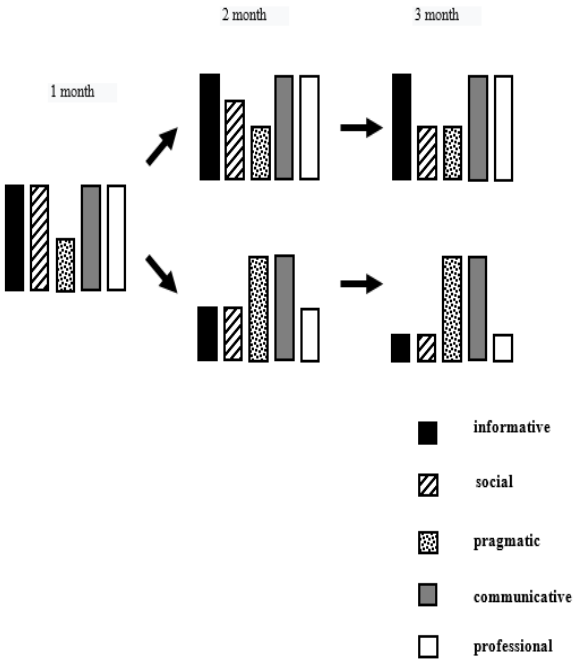


Рис.1. Возможная динамика изменения мотивов в течение трех месяцев обучения

Представленная выше система электронных пособий использовалась для обучения предмету «Физика» бакалавров и магистров специальности «Информационные технологии» УрФУ, Екатеринбург, а также для направления 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи в Уральском техническом

институте связи и информатики, Екатеринбург. В ней оперативно отражались наиболее актуальные физические открытия последних семи лет.

1. Cognitive research in education. Collection of scientific articles of the VII International Scientific and Practical Conference. Ekaterinburg, ed. UrGPU, 2019
2. I. N. Sachkov, Elektromagnetizm: effects, history, paradigm. Moscow: Krasand, 2018.
3. I. N. Sachkov, V. M. Kormyshev, E. S. Naboychenko, The main effects of synergetics in nature, society and sport. Ekaterinburg: Fort Dialog, 2017.
4. T. S. Tikhomirova, N. V. Kochetkov, Psychological science and education, 22, 3, 53-62 (2017). DOI: 10.7759/pse .017220306
5. O. I. Krushelnitskaya, A. N. Tretyakova, Higher Education in Russia, 2 (209), 70-77, (2017). DOI: 10.31992/0869-3617-2018-27-12-50-57

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ, КАК ЭТАП ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ АО «ИРМ»

Михайлова А.Ф.[1], Ташлыков О.Л.[1]

[1)] Уральский Федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: mikhailova.a.f@mail.ru

DEVELOPMENT OF DOSIMETRIC MONITORING DATABASE AS A STAGE OF DIGITAL DEVELOPMENT OF INM JSC

Mikhailova A.F.[1], Tashlykov O.L.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The basic principles and structure of the developed dosimetric monitoring database as part of the digital development of IRM JSC, which will effectively implement the basic principles of ensuring radiation safety of personnel, are presented.

Применение цифровых технологий в области радиационной безопасности в настоящее время имеет несколько направлений: применение автоматизированных систем радиационного контроля, базы данных параметров радиационного и дозиметрического контроля, моделирование радиационной обстановки в производственных помещениях и на территории, в том числе моделирование аварийных ситуаций, применение цифровых двойников для отработки действий при выполнении работ повышенной радиационной опасности и в случае аварии.

Для структурирования информации о радиационной обстановке на территории предприятия или вне его, полученной при радиационном контроле, разработано множество информационно-аналитических систем, позволяющих осуществлять не только хранение данных о радиационной обстановке, но и анализ изменений радиационного состояния объекта. Однако не существует единой

унифицированной информационно-аналитической системы, позволяющей проводить комплексный анализ радиационной обстановки.

Оптимизация радиационной защиты является одним из основных направлений обеспечения безопасности персонала и должна реализовываться по всем возможным направлениям [1].

Внедрение и развитие универсальных информационно-аналитических систем обеспечит оперативный доступ к необходимым параметрам радиационного контроля, позволит проводить более полное моделирование радиационной обстановки, контролировать и прогнозировать ее изменения. Результаты моделирования могут стать основой для оптимизации при выборе вариантов защиты человека и окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения.

В 1998 г. в соответствии с «Планом мероприятий по переходу на НРБ-96 в СФНИКИЭТ» началась разработка программного обеспечения (ПО) «База данных по ИДК» для автоматизации учета доз облучения персонала и оперативного получения информации по дозам облучения руководителями подразделений с целью анализа дозовых нагрузок и планирования работ. БД введена в эксплуатацию 1 декабря 1999 г. За время работы в нее вносились изменения, расширились ее содержание и функционал (например, введен контроль объемных активностей радионуклидов в воздухе)[2].

Целью создания новой базы данных индивидуального дозиметрического контроля(ИДК) является устранение существующих недостатков действующего ПО «База данных по ИДК»[3].

Внедрение новой базы данных дозиметрического контроля является важным направлением обеспечения безопасности персонала АО «ИРМ». Она позволит эффективно реализовать один из основных принципов радиационной безопасности – принцип нормирования. Предполагаемая структура базы данных, современный интерфейс, организация ввода-вывода данных позволят оперативно производить планирование доз облучения персонала при выполнении работ повышенной радиационной опасности, оптимизировать дозовые нагрузки персонала, управлять индивидуальными радиационными рисками. Введение базы данных является важным этапом цифрового развития АО «ИРМ», обеспечивающим эффективную реализацию основных принципов радиационной безопасности.

1. А. Ф. Михайлова, О. Л. Ташлыков, Ядерная физика и инжиниринг, 9(4), 393-401 (2018).

2. А. Ф. Михайлова, Н. А. Потемкина, О. Л. Ташлыков, Международная научно-техническая школа-семинар по ядерным технологиям для молодых ученых, специалистов, студентов и аспирантов, Екатеринбург: тезисы докладов, 23-24, (2019).

3. А. Ф. Михайлова, Н. А. Потемкина, О. Л. Ташлыков, Ядерные технологии: от исследований к внедрению – 2019: Сборник материалов научно-практической конференции. Нижний Новгород, 125-126 (2019).

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR AUTOMATIC RECOGNITION OF INFANT GENERAL MOVEMENT ASSESSMENT

Mikhailov I.O.[1, 2], Gajniyarov I. M.[1], Starodubtsev I.S.[1, 2], Palchik A.B.[3]

[1)] N.N. Krasovskii Institute of Mathematics and Mechanics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IMM UB RAS), Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[3)] Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russia
E-mail: igormich88@gmail.com

There are compared different data sources for motion recognition: depth cameras, rgb-cameras, inertial microelectromechanical sensors captures in this paper. The article shows two processing methods of motor activity analysis: estimate of general motions and detection of specific motion patterns.

Measurements automation of physical activity with software tools becomes more popular in pediatric field increasingly. Among other things, this includes general movement assessment [1]. And this is the article subject.

In specialized motions recognition system can be used different data sources like RGB-cameras, depth-cameras, inertial microelectromechanical sensors (MEMS).

We will compare they by availability, accuracy and convenience for test subject. Depth cameras have medium availability and accuracy. RGB-cameras have high availability and low accuracy. Both types of cameras don't contact with body and have high convenience. MEMS have high accuracy, availability lower than cameras, convenience is low also because they are mounted on the body. Simple color markers can increase accuracy for RGB-cameras, but decrease convenience for RGB-cameras.

MEMS provide body parts positions directly. In depth and RGB-cameras cases we need recognize body parts and their positions. On first stage image split for background and subject [2]. Then body part recognizing. After that bodies model build.

General movement assessment can be split on estimate of general motions and detection of specific motion patterns. General motions include total and average activity, speed of separate motion [3]. Motion patterns used for recognize abnormal cases. It can indicate deviation in infants development.

The methods and algorithms discussed in this article can provide the estimate of motion for monitoring aim. The modular architecture of system allow using various data sources.

1. C. Marcroft, Frontiers in neurology, 5, 284 (2015).

2. T. Ko, S. Soatto, D. Estrin, “Background Subtraction on Distributions”, ECCV’08 Proceedings of the 10th European Conference on Computer Vision: Part III (2008).

3. M. Fan, Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing, 411-420 (2012).

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПОВЕЩЕНИЯ ДИСПЕТЧЕРОВ ПСЧ

Морозова А.Ю.[1], Ковалев В.В.[1], Попов Д.А.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Главное управление МЧС России по Свердловской области в г. Екатеринбург
E-mail: arinochka.m@mail.ru

DEVELOPMENT OF SOFTWARE TO ALERT FRU MANAGER

Morozova A.Y.[1], Kovalev V.V.[1], Popov D.A[2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] EMERCOM of Russia in the Sverdlovsk region, Yekaterinburg

EMERCOM of Russia is working on projects to achieve the fastest response. Similar software already exist in various forms in several cities. The authors propose some improvements aimed at reducing the warning time for dispatchers of fire and rescue units and reducing the response time to a fire.

Работа диспетчеров требует, в первую очередь, оперативности. Именно для уменьшения времени реагирования МЧС России работает над различными проектами для достижения максимально быстрого реагирования. Подобные программные продукты уже существуют в различных видах в нескольких крупных городах. Авторы данной работы предлагают внести некоторые улучшения, нацеленные на уменьшение времени оповещения диспетчеров пожарно-спасательных частей и, как следствие, уменьшение времени реагирования на пожар.

Новое предлагаемое решение отличается введением новых блоков, а также заменой старых компонентов на лучшие аналоги. Ниже представлен список предлагаемых реализаций:

- Введение блока распознавания речи, который реализуется на готовых алгоритмах и устройствах
- Интеграция Яндекс.Карты
- Введение блока мгновенной передачи сообщения о пожаре от клиента ЦППС диспетчеру пожарных частей
- Введение блока отчетности, который включает в себя сохранение всех данных о пожаре не только на ПК клиента, но и автоматически на сервере.

1. Клуб пожарных спасателей [Электронный ресурс] - https://fireman.club/
2. Сайт МЧС России [Электронный ресурс] - https://www.mchs.gov.ru/

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ АНОМАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ОБЪЕКТОВ

Бызов Д.Д.[1], Муравьев Л.А.[1, 2]

[1)] Институт геофизики имени Ю.П. Булашевича Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: mlev@mail.ru

ANALYTICAL REPRESENTATION OF ANOMALOUS MAGNETIC FIELD OF IRON OBJECTS

Byzov D.D.[1], Muravyev L.A.[1, 2]

[1)] Institute of Geophysics of Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Using a highly sensitive POS magnetometer, we measured magnetic field from an iron cylinder. The field is approximated by analytical models: a dipole, a rod, a parallelepiped, and a surface model, a set of triangles. We performed a comparison of the actual field and the field of the models.

Проблема поиска погребенных железных объектов в укрывающих средах является важной как экологической, так и инженерной задачей. Несмотря существенное продвижение в области разработки высокочувствительных глубинных металлоискателей, магнитометрический метод поиска сохраняет актуальность, хотя является более затратным.

Магнитометр, как поисковый прибор, обладает большей глубиной детектирования предмета, для него фактически не существует предельной глубины обнаружения, как для электромагнитных металлодетекторов. За рубежом магнитная съемка высокой детальности является одним из основных методов поиска неразорвавшихся боеприпасов, метеоритов и других железных объектов.

В лаборатории квантовой магнитометрии физико-технологического факультета УрФУ разработаны и серийно выпускаются цифровые высокочувствительные магнитометры POS [1]. Этот прибор состоит из ядерно-прецессионного датчика, принцип измерения которого основан на эффекте динамической поляризации ядер и регистрирующего устройства DLPOS. Проведенные в лабораторных и полевых условиях эксперименты позволили доказать чувствительность магнитометра до ±0.05 нТл.

Такие инструменты позволяют эффективно выполнять магнитные съемки земной поверхности для задач, связанных с поисками и разведкой месторождений полезных ископаемых [2]. Также создана магнитометрическая система из нескольких датчиков, позволяющая эффективно проводить микромагнитные съемки для поисков железных объектов [3]. При обнаружении аномалии

магнитного поля, связанной с предполагаемым искомым железным объектом, необходимо определить точное расположение объекта, оценить его глубину и приблизительные геометрические размеры. Это нужно для того, чтобы распознать, является ли источник аномалии целевым объектом либо это ложный сигнал от помехи.

Нами выполнены натурные измерения распределения аномального магнитного поля от ряда модельных железных объектов. Экспериментальные работы проведены на специально созданном на территории геофизической обсерватории Арти (Институт геофизики УрО РАН) полигоне. Это место достаточно удалено от промышленных электромагнитных помех, а также характеризуется спокойным геомагнитным полем с отсутствием сильных магнитных градиентов, вызванных геологическими объектами.

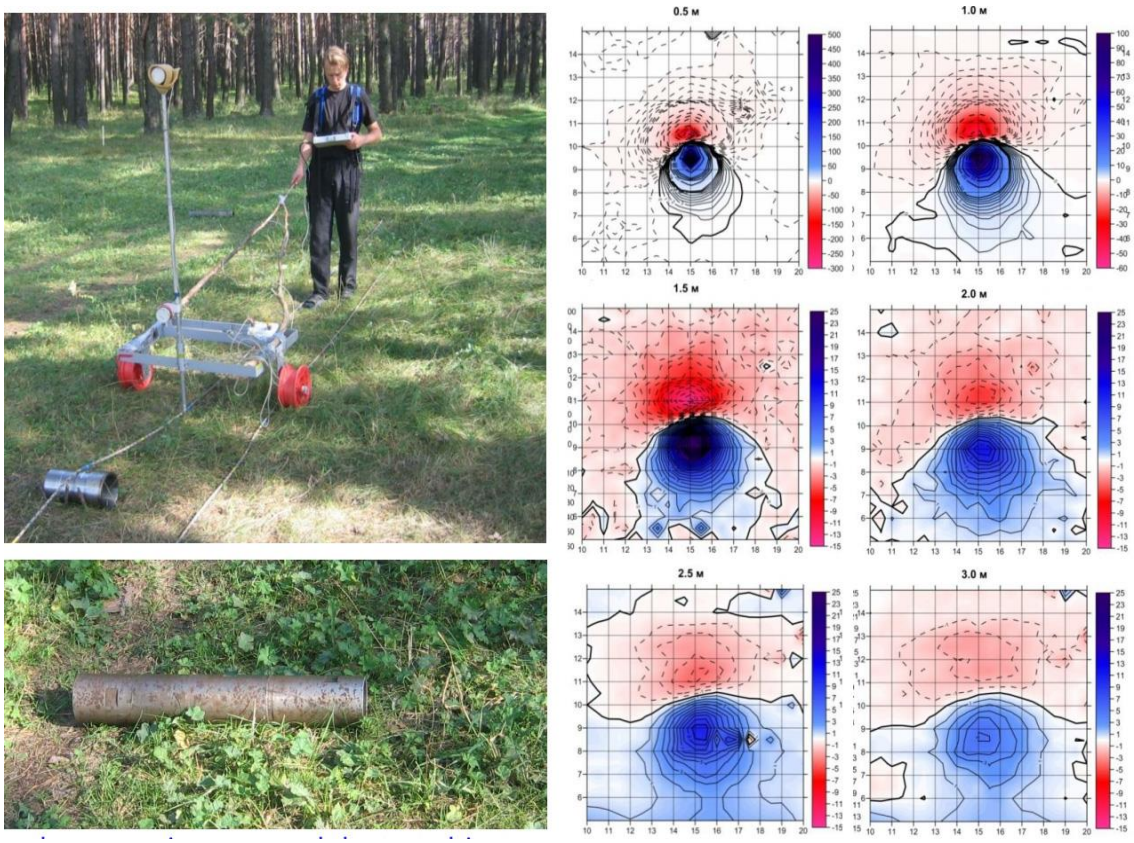


Рис. 1. Ход выполнения и результаты экспериментальных работ.

Измеренное на нескольких высотах над экспериментальным объектом аномальное магнитное поле было подобрано несколькими аналитическими моделями: диполем; однородно намагниченным стержнем конечной длины [4]; параллелепипедом, размеры которого приближены к размерам реального объекта и моделью поверхности образца, апроксимированную набором треугольников [5]. Намагниченность моделей задавалась вдоль стержня либо вдоль внешнего (земного) магнитного поля.

В результате выполнены количественные оценки различий в аномальных полях от между выбранными аналитическими представлениями

экспериментального объекта. Данная работа позволит увеличить надежность интерпретации полевых магнитометрических съемок для поисков скрытых железных объектов.

1. Sapunov V.A., Narkhov E.D., Fedorov A.L., Sergeev A., Denisov A.Y. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 215–222 (2015).
2. Narkhov E.D., Muravyev L.A., Sergeev A.V., Fedorov A.L., Denisov A.Yu., Shirokov A.A., Sapunov, V.A. AIP Conference Proceedings 1886:020075 (2017).
3. Narkhov E.D., Shirokov A.A., Sergeev A.V., Fedorov A.L., Milovidov E.M., Denisov, A.Yu., Saveliev D.V., Sapunov V.A. AIP Conference Proceedings 1886:020103 (2017).
4. Byzov D., Muravyev L., Fedorova N. The Approximation of Anomalous Magnetic Field by Array of Magnetized Rods. AIP Conference Proceedings 1863(1):560051
5. Martyshko P.S., Ladovskij I.V., Byzov D.D., Chernoskutov A.I. Izvestiya, Physics of the Solid Earth 54(4) 565-573 (2018).

РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТЯМИ В РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Омаров А.А.[1, 2], Кузнецов М.А.[2], Рогович В.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ИП Рак И.Г.
E-mail: deneb.25@ya.ru

ELABORATION OF DEPENDENCY MANAGEMENT TECHNIQUES IN SOFTWARE DEVELOPMENT

Omarov A.A.[1, 2], Kuznetsov M.A.[2], Rogovich V.I.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] PE Rak I.G.

A technique for managing dependencies between libraries, which makes it easier to make changes to the library code and testing process, is presented. This technique can be applied to any programming language. The dependencies are git repositories that control the versioning of the connection.

Разработка программного обеспечения часто включает в себя необходимость повторного использования уже написанного программного кода. Такой код выносится в библиотеки, которые затем подключаются к проекту. Существует множество решений для подключения библиотек: conan [1], pip [2], qpm и т.д. Однако эти решения обладают рядом недостатков:

• они не универсальны, применимы только к конкретным языкам программирования;

• они не позволяют использовать корпоративные репозитории;

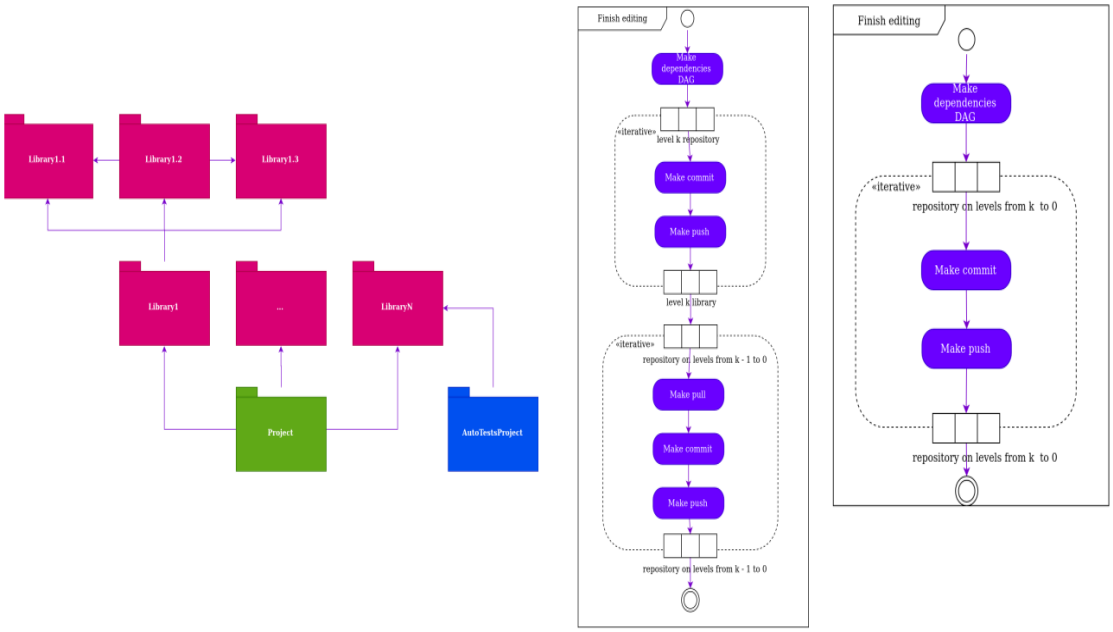
• также эти решения не позволяют организовать зависимости в виде ориентированного ациклического графа.

В данной работе предлагается методика организации и контроля подключения библиотек, учитывающая вышеперечисленные недостатки.

На Рис.1.a. представлена структура подключения библиотек к проекту. Проект использует библиотеки, зависимости между которыми образуют направленный ациклический граф (DAG), причем некоторые библиотеки привязаны также к другому проекту с собственными модульными тестами.

Поскольку подключение библиотек происходит по номеру версии, разработчик перед концом внесения изменений должен выполнить ряд шагов представленных на Рис.1.b.

Предлагаемая методика упрощает завершение внесения изменений , что изображено на Рис.1.c. Стоит отметить что шаги построения графа зависимостей, его обхода и вызова команд при применении предлагаемой методики могут быть полностью автоматизированы, что сведет операцию завершения внесения изменений к нажатию одной кнопки. Методика также допускает использование библиотек, находящихся в корпоративных репозиториях и написанных на разных языках программирования, в том числе и на тех, которые не поддерживаются компилятором.



a b c

Рис.1. a – структура проекта, b - последовательность действий разработчика в конце внесения изменений, c - последовательность действий разработчика в конце внесения изменений с учетом применения методики.

Для того, чтобы проекты с модульными тестами и проекты с бизнес-логикой могли одновременно получать изменения без выполнения вышеуказанных действий, предлагается переводить библиотеки в режим множественного локального доступа.

1. Welcome to conan [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.conan.io/en/latest/. – (Дата обращения: 25.11.2019)
2. Pip 20.0.dev0 documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pip.pypa.io/en/latest/development/. – (Дата обращения: 15.10.2019)

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ СТРУЙНЫХ ТЕЧЕНИЙ ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ РАЗРЕЖЕННОМ ГАЗЕ

Панова А.А.[1], Токманцев В.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: 96alena1995@mail.ru

NUMERICAL SIMULATION OF AXISYMMETRIC JET FLOWS IN A ROTATING RAREFIED GAS

Panova A.A.[1], Tokmantsev V.I.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The axisymmetric flow field of a single-component gas in the rotor volume with sources and sinks at the ends is calculated. The effect of radial localization of two coaxial flows is studied as a function of the gas rarefaction parameter delta.

Основную проблему для центробежной технологии разделения относительно легких изотопов составляет удержание разделяемой газовой смеси внутри ротора. Поскольку для более легких газов радиальный градиент давления значительно меньше, чем для тяжелых, то при стандартном для тяжелого газа давлении на стенке ротора давление легкого газа вблизи оси оказывается недопустимо высоким. Это приводит к необходимости существенного снижения общего давления легкого газа внутри ротора центрифуги и, как следствие, к неприменимости стандартного описания течения газа в рамках приближения сплошной среды. При указанных условиях необходимо учитывать разреженность газа, а для описания его течения использовать кинетическое уравнение для функции распределения по координатам и скоростям молекул [1]. В настоящей работе исследуются кинетические особенности течения вращающегося разреженного газа в прямоточной центрифуге с точки зрения возможности радиальной локализации двух коаксиальных потоков, что необходимо для дальнейшей оптимизации процесса разделения изотопов [2].

Рассматривается однокомпонентный газ в быстро вращающемся с угловой частотой Ω цилиндре радиусом a и высотой H. На торцах цилиндра расположены тонкие кольцевые отверстия: через нижние отверстия в цилиндр вводятся два одинаковых потока газа, через верхние отверстия потоки выводятся из цилиндра. Температура стенок цилиндра задана и поддерживается постоянной. Данная постановка задачи соответствует моделированию газодинамики потока отбора в прямоточной газовой центрифуге [3]. При этом режим течения газа (степень его разреженности) может быть произвольным: от свободно-молекулярного до вязкого. Показано, что эффективное радиальное положение потоков существенно зависит от осевой координаты внутри ротора и режима течения. Кроме того, расстояние между потоками оказывается меньше расстояния между отверстиями на крышках ротора, что должно приводить к снижению коэффициента разделения для смеси.

1. Р. Либов Введение в теорию кинетических уравнений, М. : Мир (1974).
2. В. Д. Борисевич, В. Д. Борман, Г. А. Сулаберидзе, А. В. Тихомиров, В. И. Токманцев, Физические основы разделения изотопов в газовой центрифуге. М.: Изд. дом МЭИ (2011).
3. В. И. Токманцев, В. А. Палкин, Атомная энергия, 123(1), 40-44 (2017).

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ВИРТУАЛЬНОЙ БРОНХОСКОПИИ

Павловская Я.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: jana98@list.ru

DEVELOPMENT OF A VIRTUAL BRONCHOSCOPY SYSTEM

Pavlovskaya Ya.S.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The treatment and diagnosis of pulmonary diseases of the mucous membranes of the tracheobronchial tree requires procedures such as bronchoscopy. With the help of this surgery, the doctor will be able to optimally conduct the study, taking into account more informative data.

Бронхоскопия применяется с диагностическими и лечебными целями, а также входит в обязательный список диагностики на ряду с компьютерной томографией. Бронхоскопия применяется для диагностики причин кровохарканья и при обнаружении рентгенологических признаков диссеминированных процессов в лёгких. Процедура должна основываться на твердой уверенности хирурга в

нахождении зон поражения, удобных для осуществления оперативных манипуляций.

Компьютерные томографы позволяют выполнять виртуальную бронхоскопию, но при этом врач не видит расположения патологического образования и вынужден готовиться к операции по двумерным снимкам, что часто приводит к неудачным результатам. На первом этапе разработанная программа позволяет пульмонологу, следуя протоколу, построить 3D-модель «бронхиальное дерево – опухоль» конкретного (или демо) пациента, а также настроить цветовую шкалу элементов модели. Вторым этапом виртуальной операции является визуальный осмотр области интереса с разных сторон с возможным произвольным перемещением секущих. На третьем этапе хирург выбирает оптимально удобное место прокола и измеряет расстояние выдвижения иглы для взятия пункции.

Моделируя процесс операции, специалист имеет возможность проводить манипуляции с полученным изображением: поворачивать в различных плоскостях, изменять масштаб изображения и т.д. 3D-реконструкция в режиме полупрозрачных поверхностей дает полное представление о зоне интереса, позволяет увидеть структуру органа и прорастание опухоли в бронхи. Врач принимает решение о тактике предстоящей операции на основе комплекса данных: 2D срезов DICOM-пакета и своего личного опыта. с одной стороны и дополнительных подсказок предлагаемой системы моделирования с другой.

Таким образом, программа осуществляет виртуальную бронхоскопию, помогая врачу определенным образом спланировать операцию, повторить все шаги, выявить места в бронхиальном дереве с зоной поражения, а также определить и минимизировать расстояние, выбрать оптимальный угол выдвижения иглы для забора клеток.

Исследование проводилось в среде визуального программирования MeVisLab: были обработаны снимки КТ, спроектированы структурные таблицы построены модели и блок-схемы, составлен алгоритм виртуальной операции, создана 3D-модель бронхиального дерева и 3D-визуализация оперативного вмешательства, которая поможет врачу осуществить стандартное лучевое исследование пациента с большей информативностью, а также детально отрепетировать предполагаемую операцию, данный тренажер можно применять дидактических целях.

1. А. И. Арсеньев, Г. Ф. Паламарчук, А. Л. Акопов, Фолиант, 411(2), 205-220 (2019).
2. С. Э. Маркина, Визуальное программирование MeVisLab (электронный ресурс) url: https://study.urfu.ru/Aid/Publication/10964/1/Markina.pdf (дата обращения: 24.12.2019)

МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ КАРБОНИТРИДНОГО ТОПЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА ПОГРУЖЕННОГО АТОМА

Пицхелаури С.С.[1], Сеитов Д.Д.[1], Некрасов К.А.[1], Гупта С.К.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Колледж Святого Ксавьера, г. Ахмедабад, Индия
E-mail: lauri2011@mail.ru

A MOLECULAR DYNAMICS SIMULATION OF URANIUM CARBONITRIDE CRYSTALS USING A MODIFIED EMBEDDED ATOM MODEL METHOD

Pitskhelaury S.S.[1], Seitov D.D.[1], Nekrasov K.A.[1], Gupta S.K.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] St. Xavier's College, Ahmedabad, Gujarat, India

A molecular dynamic simulation of uranium carbonitrides is carried out. Parameters and potentials for dynamic variation of particle charges are proposed. The lattice constant, bulk modulus, heat capacity dependences on temperature and the melting points are determined in the framework of the model.

Карбидное, нитридное и карбонитридное ядерное топливо характеризуется высокими теплопроводностью, коэффициентом воспроизводства и достижимой глубиной выгорания делящихся изотопов, чем обусловлена его перспективность для использования в реакторах на быстрых нейтронах [1]. Для прогнозирования поведения карбонитридного топлива при высоких температурах и нейтронном облучении актуально вычислительное моделирование явлений, связанных с дефектообразованием и переносом вещества в таком топливе.

В настоящей работе рассмотрена задача молекулярно-динамического моделирования кристаллов UC, U2C3, UC2, UN, U2N3, UN2 и U(C,N). Для уточнения ранее полученных результатов, предложена методика независимого восстановления параметров кулоновского и валентного взаимодействия ионов в этих кристаллах, основанная на использовании уравнения состояния Ми-Грюнайзена. Получены эмпирические потенциалы взаимо¬действия атомов урана, углерода и азота, восстановленные из экспериментальных данных о линейном расширении и сжимаемости перечисленных кристаллов. Определены параметры, необходимые для моделирования карбонитридов с динамическим варьированием зарядов ионов при использовании MEAM- и COMB-потенциалов.

С использованием предложенных моделей рассчитаны зависимости постоянной решетки, модуля всестороннего сжатия, а также изобарной теплоемкости карбидов и нитридов урана от температуры. Определены температуры плавления

кристаллов в зависимости от состава. Проведено сравнение моделей между собой, расчётами других авторов [2-3], экспериментальными данными [4-5].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №16-52-48008 ИНД_оми. С.К. Гупта также благодарит Департамент науки и технологии (Индия) и РФФИ за поддержку по гранту INT/RUS/RFBR/IDIR/P-6/2016

1. Е. О. Адамов, Л. М. Забудько, В. И. Матвеев, В. И. Рачков, В. М. Троянов, Ю. С. Хомяков, В. М. Леонов, Известия РАН. Энергетика, 2, 3-15 (2015).
2. Ch. B. Basak, Comput. Mat. Sci. 40, 562-568 (2007).
3. K. Kurosaki, K. K. Yano, V. Yamada, M. Uno, S. Yamanaka, J. Alloys Compoun. 297, 1-4 (2000).
4. Ю. Г. Годин, А. В. Тенишев, Карбидное ядерное топливо: Учебное пособие, Москва: МИФИ (2007).
5. С. В. Алексеев, В. А. Зайцев, Нитридное топливо для ядерной энергетики, Москва: Техносфера (2013).

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ПРОВОДИМОСТИ ДВУМЕРНОЙ СИСТЕМЫ СВИНЦОВЫХ ШАРИКОВ

Позигун Г.А.[1], Мартюшев Л.М.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: pozigun13@mail.ru

STUDY OF CONDUCTIVITY EVOLUTION OF A TWO-DIMENSIONAL LEAD BALLS SYSTEM

Pozigun G.A.[1], Martyushev L.M.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

An evolution of conductivity of a two-dimensional lead balls system is studied in terms maximum entropy production principle. The experimental setup is presented.

В современной литературе при рассмотрении неравновесных систем часто используется принцип максимума производства энтропии [1, 2]. Согласно нему, при самоорганизации система будет выбирать такой режим, в котором производится максимальное количество энтропии. Этот принцип чаще всего используется в теоретических и вычислительных работах при отборе решения. Экспериментальных работ, напрямую проверяющих указанный принцип, не так много.

В одной из таких работ [3] рассматривается система из непроводящей жидкости и проводящих углеродных нанотрубок. Под действием электромагнитного поля при определённых условиях эта система самоорганизуется, максимизируя

производство энтропии. Изучение этой работы привело к идее проведения подобного эксперимента для существенно более простой экспериментальной системы. Простота системы в данном случае должна способствовать более явной иллюстрации принципа максимума. Сутью предполагаемого эксперимента является исследование электрической проводимости смеси проводящих и непроводящих шариков, подвергающихся вибрации. Мы предполагаем, что в соответствии с принципом максимума производства энтропии, при приложении к системе постоянного напряжения, под действием вибрационных возмущений система будет переходить к состояниям со все меньшим сопротивлением (например, с помощью укорачивания проводящих цепочек). Уменьшая сопротивление, в системе будет увеличиваться мощность тепловыделения и, соответственно, производство энтропии.

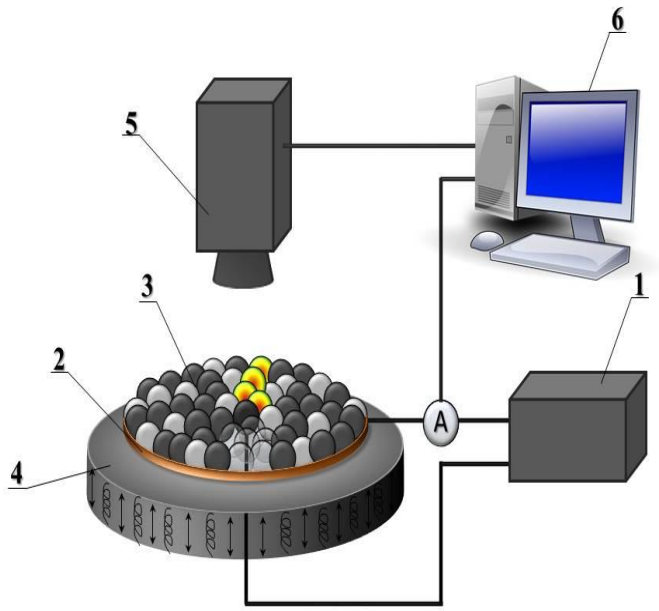


Рис. 1. Экспериментальный стенд. 1 - источник постоянного напряжения, 2 - медный контур, 3 - свинцовые шарики, 4 - низкочастотный динамик, 5 - тепловизор, 6 - ПК.

Для поставленной выше задачи был создан экспериментальный стенд, представленный на рис.1. Он представляет собой низкочастотный динамик (4) на котором размещен кольцеобразный медный контур (2) внутри которого находятся более сотни свинцовых шариков (3) диаметром примерно 5 мм. Шарики лежат плотно прилегая друг к другу, часть из них покрыта изолирующей краской. Отношение проводящих/непроводящих шариков выше порога перколяции. Проводящий контур и центральный шарик подключены к источнику постоянного напряжения 1-20В (1). Для измерения электрических характеристик системы шариков (тока, сопротивления) используется АЦП, подсоединенный к ПК (6).

Определение цепочек шариков, по которым идёт ток, производится с помощью тепловизора (5).

1. L. M. Martyushev, V. D. Seleznev, Physics Reports 426, 1-45 (2006).
2. L. M. Martyushev, Entropy 15(4), 1152-1170 (2013).
3. A. Belkin, A. Hubler, A. Bezryadin, Scientific Reports 5, 8323 (2015).

КОНЕЧНЫЙ АВТОМАТ КАК ОБЪЕКТ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

Пруткова С.А.[1], Петрухнова Г.В.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
E-mail: gvpetruhnova@gmail.com

FINITE STATE MACHINE AS TEST CONTROL OBJECT

Prutkova S.A.[1], Petrukhnova G.V.[1]

[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

The entropy criterion is used to evaluate the quality of the control tests for mathematical models of digital devices and software modules. The presented approach reduces length of control test.

Существует большое количество объектов, которые можно описать в рамках теории автоматов. Реализацией конечного автомата могут быть цифровое устройство, программный модуль либо его фрагмент, алгоритм и некоторые другие объекты.

Представим конечный автомат в виде модели «черный ящик». Проверять работу реализации конечного автомата будем в контрольных точках. В число контрольных точек могут входить входы цифрового устройства, его выходы и внутренние точки, к которым имеется доступ.

Пусть входные воздействия и соответствующие им реакции объекта представляют собой двоичные наборы заданной длины. Работу цифрового автомата можно проверить, если подать на его входы все возможные тестовые наборы. Если количество входов автомата велико, то тест может быть избыточным и очень длинным. Отсюда возникает задача оптимизации теста контроля.

Будем подавать на входы устройства тестовые воздействия, сформированные генератором случайных чисел, а на выходах фиксировать и анализировать соответствующую реакцию. На каждый вход цифрового устройства будут подаваться логические нули и единицы с заданной вероятностью (весом). Такой подход называют тестированием взвешенными случайными наборами.

Задачу оптимизации множества весов для псевдослучайного теста кон-троля можно сформулировать следующим образом. Пусть имеется некоторое цифровая схема с L первичными входами и K контрольными точками, к которым есть

доступ. Пусть первичные входы этой схемы являются независимыми и имеют различный вес (т.е. при псевдослучайном тестировании на эти входы с различной вероятностью подаются единичные логические сигналы). Таким образом имеется вектор весов с L компонентами. На выходе объекта анализируются частоты появления на i-том выходе объекта единичного сигнала.

Решается следующая задача оптимизации распределения вероятностей входных сигналов при псевдослучайном тестировании цифровых схем: требуется найти вектор U с L компонентами, лежащий в области допустимых значений при котором выбранная целевая функция имеет минимальное значение [1]. Целевая функция представляет собой энтропию распределения вероятностей единичных и нулевых сигналов на выходах объекта контроля.

В качестве объектов тестирования были выбраны программные модули и схемы цифровых устройств. Экспериментальные исследования позволяют сделать вывод о том, что полученные в результате решения задачи оптимизации весовые множества позволяют сократить длину тестов контроля.

1. Петрухнова Г.В., Вестник Воронежского государственного технического университета, 9, 17 (2013).

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ СУСПЕНЗИЙ МЕТОДОМ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ

Рисованый С.А.[1], Болтачев Г.Ш.[2], Иванов М. Г.[1, 2]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт электрофизики, УРО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: risovaniysa@gmail.com

SIMULATION OF NANOSIZED SUSPENSIONS BY STOCHASTIC DYNAMICS METHOD

Risovaniy S.A.[1], Boltachev G.Sh.[2], Ivanov M.G.[1, 2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Electrophysics, UB RAS, Yekaterinburg, Russia

This work allows to evaluate the influence of initial conditions on the aggregates formation, the rate of coagulation, the change in aggregate stability, the formation of a porous structure in the final ceramics and other important phenomena for the creation of ceramics with the required properties.

In colloidal compaction methods, the average density and probability of voids formation in the final compact are determined by the rheological characteristics of the suspension. As the concentration of particles in the suspension increases, the aggregation process accelerates, and the system which is characterized by the aggregate

stability can become unstable. The process of aggregation of nanoparticles depends on many factors: the medium properties, the size and material of the nanoparticles, the presence of surfactant materials, suspension preparation mechanisms, etc. Therefore, the phenomena which are known from the experiments, such as the formation of aggregates, the rate of coagulation, the change in aggregate stability, the formation of a porous structure in the final ceramics and others, still remain insufficiently explored, although they are fundamentally important for the creation of ceramics with the required properties.

In this work an initially monodisperse ensemble of nanoparticles suspended in a liquid medium (water or alcohol) is considered. The particles have a perfect spherical shape, their diameter varies in the range of 10-1000 nm. For clarity, numerical calculations are carried out in a two-dimensional formulation. The simulated cell is a square in the Oxy plane with periodic boundary conditions on its sides. The number of particles inside the simulated cell is 2.5×10^3. The motion of particles is described by the Langevin equation. Interactions between particles include: van der Waals attraction, and electrostatic repulsion due to the formation of a double electric layer on the surface of suspended particles [1-3].

In the framework of numerical modeling, the influence of the following factors is investigated: the size of the potential barrier, the size of the initial particles, their concentration, etc. on the aggregation rate and stability conditions of the suspension are investigated.

1. Hamaker H.C., Physica. 4(10), 1058-1072 (1937).

2. Deryaguin B.V., Churaev N.V., Muller V.M., Surface forces. New York: Consultants Bureau, Plenum Pres (1987).

3. Peng Z., Doroodch E., Evans G., Powder Technology, 204, 91–102 (2010).

РАЗВИТИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ РЕТИНОПАТИИ НЕДОНОШЕННЫХ

Романова Д.В.[1], Грицюк Е.М.[2], Кара-Ушанов В.Ю.[1], Степанова Е.А.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
[2)] ГАУЗ СО МКМЦ «Бонум», Екатеринбург, Россия
E-mail: dar.romanova98@gmail.com

DEVELOPMENT OF AN EXPERT SYSTEM FOR THE DIAGNOSIS OF RETINOPATHY OF PREMATURE INFANTS

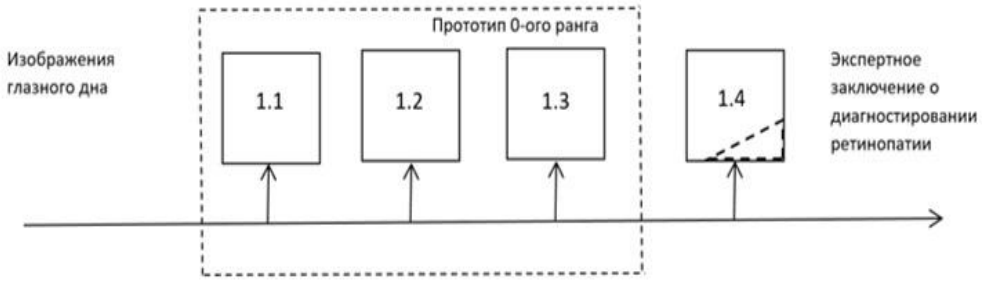
Romanova D.V.[1], Gritsyuk E.M.[2], Kara-Ushanov V.YU.[1], Stepanova E.A.[2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] State Autonomic Health Institution of the Sverdlovsk Region

A structural analysis of the analogues of the expert system for diagnosing retinopathy of premature infants (ESDRPI) was carried out, subsystems were examined to search for objects of improvement. The result of the work is the development of automated (ESDRPI).

Существующие экспертные системы диагностики ретинопатии (ЭСДР) не удовлетворяют потребности автоматизированного первичного обследования недоношенных детей. Интеллектуальные информационные системы ученых (R.Bellman, Christine L. Tsien, N. Lavrac и др.), разработка отечественного специалиста (Марчук Ю.В.) решают последующую задачу – прогнозирования лечения ретинопатии новорожденных. От специалистов «ГАУЗ СЩ МКМЦ «Бонум» г. Екатеринбург получен заказ на развитие экспертной системы диагностики ретинопатии недоношенных (ЭСДРН). В данной статье поставлена задача поиска объектов улучшения ЭСДРН.

При проведении литературно-аналитического обзора проведен патентный поиск, найдены зарубежные и отечественные ЭСДР. Далее проведены сравнения найденных аналогов нулевого ранга и первого ранга. Лучшие аналоги выбраны в качестве прототипов экспертной модели и представлены в соответствии рангу. По результатам анализа приведена их критика. Также проведено интервьюирование специалистов офтальмологов «ГАУЗ СЩ МКМЦ «Бонум» г. Екатеринбург, в процессе выделены два корпоративных аналога: практическое диагностирование ретинопатии недоношенных (РН) и медицинская система прогнозирования ретинопатии недоношенных «GimRN». Для их оценки сформирован перечень критериев: 1 – быстрота диагностирования РН, 2 – возможность обработки большого количества входных данных пациентов, 3– информационная поддержка (степень автоматизации), 4 – точность метода. Выбранные критерии сравнения позволили сделать вывод, что корпоративные аналоги не удовлетворяют требуемым характеристикам ЭСДРН. Результатом всей проделанной работы является составленная системно-структурная модель прототипа 0-ранга (см. рис. 1), предложены

улучшения ЭСДРН, которые заключаются в адаптации ЭСДР под специфику заболевания (ретинопатии недоношенных).



1.1 Выбор изображения из БД, 1.2 подсистема коррекции изображений, 1.3 подсистема анализа изображений, 1.4 адаптация к специфике ретинопатии у недоношенных детей

Рис. 1. Системно-структурная модель ЭСДРН по прототипу и предлагаемому решению (выделено пунктиром)

1. Ю.В. Марчук, С.Л. Гольдштейн, С.И. Блохина, Системотехника. Моделирование и компьютер в прогнозировании ретинопатии недоношенных, Издательство Уральского университета: Екатеринбург, (2013).

2. И.Б. Гуревич, Автоматизированная система анализа ангиографических изображений глазного дна человека, Патент России 2 683 758 C1, (2019).

РАСЧЕТ ПРОФИЛЯ РАДИАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ И ИНТЕГРАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ПЛАЗМЕННОГО ШНУРА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ AXUV–БОЛОМЕТРА

Ротман Д.Н.[1], Радченко В.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: wolfdim@mail.ru

CALCULATION OF THE RADIATION LOSS PROFILE AND THE INTEGRATED RADIATION POWER OF THE PLASMA CORD BASED ON THE AXUV-BOLOMETER DATA

Rotman D.N.[1], Radchenko V.I.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This work is an implementation of an algorithm for restoring the radiation loss profile of a plasma cord based on the Pierce method, as well as the formation of an integral bolometric signal in the LabVIEW software environment based on data obtained from the line of AXUV detectors.

Пространственное распределение мощности радиационных потерь, а также интегральная мощность излучения являются носителями ценной информации о характеристиках плазменного шнура внутри камеры токамаков. В частности, с их помощью можно получить сведения о концентрации примесей в плазме и динамике процессов внутри вакуумной камеры во время разрядов. Использование линейки AXUV-детекторов (Absolute eXtreme UltraViolet), позволяющей регистрировать излучение в широком диапазоне энергий с практически постоянной чувствительностью, дает возможность получения материала для качественного анализа данных параметров плазмы.

Целью данной работы является реализация алгоритма по восстановлению профиля радиационных потерь плазменного шнура на основе метода Пирса в предположении цилиндрической симметрии плазменного столба, а также формирование интегрального болометрического сигнала по экспериментальным данным, приходящим с набора AXUV-детекторов.

С помощью аппаратных компонентов функционально-ориентированной среды программирования LabVIEW, был создан программный модуль для анализа динамики процессов внутри камеры токамака, а также расчета параметров, которые имеют основополагающее значение при оценке количества примесей в плазменном шнуре, в том числе и примесей лития. Для удобства анализа полученной графической информации был использован ряд механизмов обработки сигналов, в том числе с использованием методов скользящей средней и Савицкого-Голея. Кроме того, для непосредственной работы с программным модулем был создан интерфейс, обеспечивающий передачу информации между

пользователем и машинным кодом, включающий в себя как средства ввода информации, непосредственно необходимой для реализации всех программных алгоритмов, так и вывода обработанных данных, в том числе и в графическом представлении.

1.А. С. Прохоров, А. Г. Алексеев, В. Б. Лазарев и др., Физика плазмы, 155-162 (2004)
2. Э. И. Кузнецов, Д. А. Щеглов, Методы диагностики высокотемпературной плазмы, Атомиздат (1974).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДРЕВОВИДНЫХ СТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ

Русова Д.А.[1], Звонарев К.В.[1], Мартюшев Л.М.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: dariarusova@mail.ru

MODELING DENDRITIC STRUCTURES ON A WATER SURFACE

Rusova D.A.[1], Zvonarev K.V.[1], Martyushev L.M. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The heated fluid movement is modelled with ANSYS FLUENT software. A tree-like temperature structures on the surface of the water is obtained. This result consistent with previous experimental observations.

Ранее в работе [1] было обнаружено на поверхности воды распределение температуры древовидной (фрактальной) формы. Условия эксперимента были следующие. Вода, нагретая до температур 30-40°С находилась в круглой стеклянной емкости (диаметром 100 мм). Глубина жидкости была 5-10 мм. Жидкость граничила с воздухом, находящимся при комнатной температуре. Наблюдение поверхности жидкости велось в тепловизор Infratec ImageIR. Древовидные ветви структур имели температуру примерно на 3 °С меньшую, чем окружающая жидкость. Природа этих структур до конца не понятна, с этой целью было предпринято их математическое моделирование.

Численное моделирование задачи выполнялось в пакете ANSYS FLUENT. Конвективное движение несжимаемой жидкости описывалось системой уравнений движения механики сплошных среды, которая включает в себя уравнение движения Навье-Стокса, уравнение переноса тепла и уравнение непрерывности. Зависимость плотности от температуры в данной системе уравнений учитывалась в приближении Буссинеска.

Использовались следующие граничные условия. На дне и боковых стенках слоя задается условие полного прилипания жидкости, т.е. скорость движения

жидкости равна нулю, а температура жидкости считается равной температуре стенок. Расчеты проводились при однородной температуре равной 40 °C. На верхней границе слоя z=d (свободная поверхность) задается условие не протекания (равенство нулю нормальной компоненты скорости) и сдвиговое напряжение (Shear Stress).

Температура свободной поверхности не известна заранее и должна определяться в процессе расчета. Поэтому вместо этой температуры задается плотность теплового потока, слагающегося из конвективного и испарительного отвода тепла, температура окружающей среды равна 25 °C.

Для расчетов необходима скорость испарения жидкости, выражение для которой бралось на основе [2].

Расчетная область представляет из себя цилиндрический слой воды толщиной 1 см и диаметром 10 см. Одна из полученных структур расчета представлена на рис.1. Важным результатом расчета стало обнаружение того, что при пренебрежении поверхностным натяжением (сдвиговое напряжение равно нулю) древовидные структуры исчезали.

В дальнейшем построенную модель предполагается использовать для анализа причин возникновения других наблюдаемых структур, возникающих при изменении глубины жидкости [1].

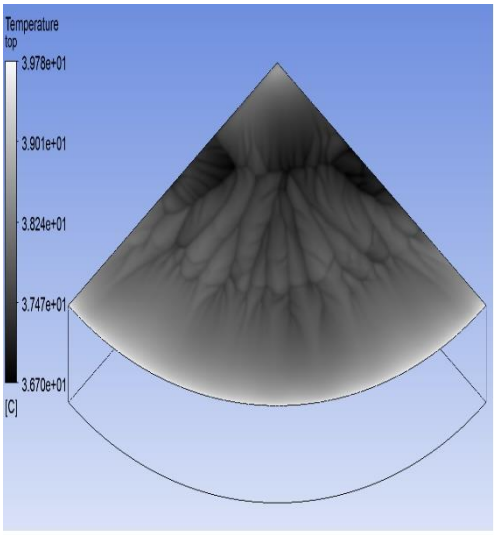


Рис. 1. Древовидная структура на поверхности, полученная в результате расчета. Число ячеек расчетной сетки 3*10^6.

1. D. A. Rusova, L. M. Martyushev, AIP Conf. Proc. 2174, 020162 (2019).
2. А. А. Хащенко, О. В. Вечер, Е. И. Дискаева, Известия АГИ, 89(1), 84 (2016).

СРАВНЕНИЕ АРХИТЕКТУР НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА СЕРДЦА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ЭХОКАРДИОГРАФИИ

Шека А.С.[1, 3], Самунь В.С.[1, 3], Соловьёва О.Э.[2, 3], Чумарная Т.В.[2, 3]

[1)] ИММ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ИИФ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Viktor.Samun@urfu.ru

COMPARISON OF NEURAL NETWORK ARCHITECTURES FOR SEGMENTATION OF THE LEFT VENTRICLE ON ECHOCG IMAGES

Sheka A.S.[1, 3], Samun V.S.[1, 3], Solovyova O.E.[2, 3], Chumarnaya T.V.[2, 3]

[1)] Krasovskii Institute of Mathematics and Mechanics, UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Immunology and Physiology, UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[3)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Previous studies analyzed UNet-like architectures for left ventricle segmentation of the heart. This paper presents an extensive comparison of architectures for segmentation of this problem. As a result, neural network architecture was found that showed better quality compared to previous results.

Эхокардиография применяется для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. Одной из важных задач диагностики является сегментация левого желудочка сердца, позволяющая рассчитать различные клинические показатели [1].

В настоящее время в области компьютерного зрения для решения задачи сегментации изображений широко применяются нейронные сети [2].

Для сегментации обычно применяются UNet архитектуру [3] нейронной сети, показывающую довольно высокое качество сегментации по метрике Dice. Существуют улучшения для UNet архитектуры, в частности, UNet, Wide UNet, UNet++, MultiResUNet, представленных в работах [4-5].

В предыдущих работах проводился анализ UNet-подобных архитектур для сегментации левого желудочка сердца.

Однако, существуют и другие архитектуры, которые успешно применяются для сегментации.

В данной работе приведено сравнение качества сегментации эхокардиографических изображений левого желудочка сердца, полученных с помощью различных архитектур нейронных сетей.

В результате была найдена архитектура нейронной сети и параметры обучения, показавшие лучшее качество по сравнению с предыдущими результатами.

1. P. Libby, R. Bonow, D. Mann, D. Zipes, Braunwald’s Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine, 2-Volume Set, Elsevier Health Sciences (2007).

2. G. Carneiro, J. Nascimento, A. Freitas, IEEE Trans. Image Proces., 21(3), 968-82 (2012).
3. O. Ronneberger, P. Fischer, T. Brox, LNCS, 9351, 234-241 (2015).
4. Z. Zhou, M. Rahman, N. Tajbakhsh, J. Liang, LNCS, 11045, 3-11 (2018).
5. N. Ibtehaz, S. Rahman, Neural Networks 121, 74-87 (2020).

МЕЖЧАСТИЧНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ ДЛЯ МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ КАСКАДОВ СТОЛКНОВЕНИЙ НА ГАЗОВЫЕ ПУЗЫРЬКИ В ДИОКСИДЕ ПЛУТОНИЯ

Сеитов Д.Д.[1], Пицхелаури С.С.[1], Некрасов К.А.[1], Купряжкин А.Я.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: seitov_1992@mail.ru

THE INTERPARTICLE POTENTIALS FOR MOLECULAR DYNAMIC SIMULATION OF THE IMPACT OF COLLISION CASCADES ON GAS BUBBLES IN PLUTONIUM DIOXIDE

Seitov D.D.[1], Pitskhelaury S. S.[1], Nekrasov K.A.[1], Kupryazhkin A.Ya.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The influence of interaction potentials choice on the molecular dynamics simulation of radiogenic gas bubble re-solution under the collision cascades impact in PuO_2 crystal is studied. This choice is shown to fundamentally affect the amount of energy transferred to a bubble from the fast particles.

Газовые пузырьки в объёме кристаллов ядерного топлива $(U,Pu)O_2$ и UO_2 аккумулируют радиогенные газы, препятствуя их выходу на поверхность зерна. Перерастворение одиночных атомов газа в объём кристалла, происходит при взаимодействии пузырьков с высокоэнергетическими продуктами ядерного распада [1]. Для выяснения механизмов такого взаимодействия на атомарном уровне актуально использование вычислительного моделирования, в том числе метода молекулярной динамики.

В настоящей работе рассмотрено влияние выбора парных потенциалов взаимодействия на результаты молекулярно-динамического моделирования перерастворения пузырьков гелия и ксенона в нанокристаллах PuO_2. Пузырьки имели форму сфер 2,2 нм в диаметре. Концентрация атомов ксенона и гелия в пузырьках составляла, соответственно, 1 и 3 атома на месте одной молекулы PuO_2. Размещали пузырёк в центре кубического кристаллита PuO_2, линейный размер которого составлял 17,3 нм вдоль каждого ребра. Изучали процесс взаимодействия

пузырька с быстрым ионом уран-235 энергии 87,7 кэВ, возникавшим при альфа-распаде плутония-239.

Потенциалы взаимодействия атомов He и Xe с ионами плутония и кислорода в области высоких энергий строили посредством сопряжения экранированного кулоновского взаимодействия ядер (ZBL [2]) с потенциалами, предложенными в работах [3-5]. Показано, что моделирование взаимодействия ксенона с кристаллом потенциалами [3] систематически приводило к резкому увеличению количества энергии, передаваемой пузырьку, вплоть до 70 % от первоначальной энергии быстрого иона уран-235. Изучена связь механизмов передачи энергии с особенностями формы потенциалов взаимодействия.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-32-90274.

1. K. Govers, C. L. Bishop, D. C. Parfitt, S. E. Lemehov, M. Verwerft, R. W. Grimes, J. Nucl. Mater. 420, 282 (2012).

2. J. Ziegler, J. Biersack, U. Littmark, The Stopping and Range of Ions in Solids, Pergamon Press, Oxford, 1, 321 (1985).

3. A. E.Thompson, B. Meredig, C. Wolverton, J. Phys.: Condens. Matter 26, 105501 (2014).

4. R. W. Grimes, R. H. Miller, C. R. A. Catlow, J. Nucl. Mater. 172, 123 (1990).

5. A. Ya. Kupryazhkin, K. A. Nekrasov, M. V. Ryzhkov, B. Delley, “Determination of potentials of interaction between rare gases and multiply charged ions” in Rarefied Gas Dynamics: 23rd International Symposium, Whistler, British Columbia, Canada, CD-ROM (2002).

РАЗВИТИЕ МОДЕЛИ КАРТИРОВАНИЯ ГЛИАЛЬНЫХ ОПУХОЛЕЙ ДЛЯ ИНТРАОПЕРАЦИОННОГО ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ

Семёнов Н.С.[1], Соловьёва С.Н.[1]

[1)] ООО Научно-исследовательский центр «Авантренд», г. Екатеринбург, Россия
E-mail: nikolausemenov@mail.ru

DEVELOPMENT OF A GLIAL TUMOR MAPPING MODEL FOR INTRAOPERATIVE SURGICAL TREATMENT

Semenov N.S.[1], Solovieva S.N. [1]

[1)] LLC Research Center «Avantrend», Yekaterinburg, Russia

This paper discusses the problem of glial brain tumors and ways to solve this problem.

Статистические данные Всемирной организации здравоохранения показывают, что каждый год от онкологических заболеваний в мире умирают более 7,5 млн человек [1]. Лечение глиом головного мозга представляет одну из наиболее сложных, социально важных и в тоже время окончательно неразрешённых проблем нейроонкологии [2]. Сложность заключается в характерной особенности глиальных опухолей головного мозга к инвазивному (в клетки мозга) росту, при котором макроскопически отсутствует четкая граница между опухолью и нормальной тканью мозга [2]. Вследствие этого, вытекает следующая проблема, в максимальном уменьшении объема опухли с целью уменьшения вероятности рецидивирования (повтора новообразования) и уменьшения неврологического дефицита (как можно меньше удалить функциональные значимые зоны мозга), что в конечном итоге влияет на качество жизни пациента.

Для того чтобы нейрохирургу провести операцию, ему необходима предоперационная тактика, заключающаяся в полном топографоанатомическом расположении опухоли после трепанации черепа, так как после вскрытия черепа происходит смещение головного мозга. В этом состоит цель моей работы, улучшить результаты лечения больных с глиальными опухолями головного мозга с помощью модели картирования, основанной на карте смещения для предоперационного планирования.

Задачи, стоящие перед исследованием:

1. Провести литературно – аналитический обзор и поиск карт смещений.
2. Выбор прототипа из предложенных аналогов.
3. Улучшить выбранный алгоритм карты смещения головного мозга, с учетом топографоанатомическим расположения опухоли после вскрытия черепа.
4. Разработать алгоритм модели картирования головного мозга после трепанации черепа.

1. The World Health Organization, International Agency for Research on Cancer. Availablle at: http://globocan.iarc.fr/Default.aspx.

2. Хайбуллин Р.Г., Хайбулина З.Р., Яковлев А.С., Креативная хирургия и онкология, 4, 51-53 (2010).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВ ПОВОРОТА ГОЛОВЫ ПО ВЫБОРОЧНОМУ НАБОРУ КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК ЛИЦА

Шека А.С.[1, 2], Самунь В.С.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт математики и механики им. Н.Н.Красовского УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: andrey.sheka@gmail.com

DETERMINING THE ANGLES OF HEAD ROTATION ON A SELECTIVE SET OF FACIAL KEY POINTS

Sheka A.S.[1, 2], Samun V.S.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Mathematics and Mechanics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Using a reduced number of facial key points allows you to more accurately calculate the angles of head rotation. In this paper, we propose criteria for evaluating the accuracy of the calculation of rotation angles and criteria for selecting key points for calculations.

Определение углов поворота головы на изображении является одной из важных инструментов для поведенческого анализа.

Один из способов расчёта углов поворота головы состоит в следующем. Сначала находятся ключевые точки лица. Далее, зная расположение соответствующих точек на нейтральном положении головы, вычисляется матрица поворота. Матрица поворота переводит точки нейтрального положения максимально близко к соответствующим точкам на изображении. Наконец, по матрице поворота вычисляются углы [1].

Несмотря на то, что нахождение данной матрицы по наборам точек — одна из классических задач компьютерного зрения, для которой существуют алгоритмы решения [2], при решении возникает ряд проблем. Во-первых, 3д-модель головы в нейтральном положении является усреднённой моделью. Анализируемое лицо может иметь другие пропорции и это внесёт ошибку в результат расчёта. Во-вторых, ключевые точки на изображении могут быть размечены неидеально, что также вносит ошибку.

Была взята стандартная 3д-модель лица с трёхмерными координатами 68 ключевых точек [3], несколько датасетов [4] с размеченными ключевыми точками и по ним вычислены углы поворота. Также был предложен критерий для

автоматической оценки точности вычисления углов поворота. Оказалось, что использование всех 68 ключевых точек даёт довольно плохой результат. Точность расчёта составила около 70% по предложенному критерию.

Для повышения точности расчёта было предложено брать лишь часть ключевых точек. Сокращение количества точек может существенно снизить ошибкам в вычислении углов. На используемых датасетах удалось достичь точности 97% по предложенному критерию.

Для отбора ключевых точек сначала выполняется нормирование координат к отрезку [0; 1], затем вычисляются попарные расстояния между ключевыми точками.

Для определенных значениях попарных расстояний задается свой набор ключевых точек. Нахождение значений и набора точек, дающего наилучший результат расчёта, выполнялось с помощью решающих деревьев [5].

1. G. Slabaugh, Retrieved on August 6, 39-63 (1999)
2. M. Fischler and R. Bolles, Communications of the ACM 24, 381-395 (1981)
3. Z. Zhuang and B. Bradtmiller, Journal of occupational and environmental hygiene 2, 567-576 (2005)
4. A. Dhall, R. Goecke, S. Lucey and T. Gedeon, IEEE MultiMedia 19, 34-41 (2012)
5. S. Safavian and D. Landgrebe, IEEE transactions on systems, man, and cybernetics 21, 660-674 (1991)

ДИФФУЗИЯ ГЕЛИЯ ВДОЛЬ КОЛЬЦЕВОЙ ДИСЛОКАЦИИ В ДИОКСИДЕ УРАНА. МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Шекунов Г.С.[1], Некрасов К.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: grishechka1997@gmail.com

HELIUM DIFFUSION ALONG A RING DISLOCATION IN URANIUM DIOXIDE. A MOLECULAR DYNAMICS SIMULATION

Shekunov G.S.[1], Nekrasov K.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia.

A simulation of helium migration along a ring dislocation in uranium dioxide is done. Two sets of He interaction potentials are compared, fundamentally differing in the strength of binding of the atom to uranium ions. Helium diffusion coefficients are obtained at temperatures from 375 to 1000 K.

Накопление радиогенного гелия в матрице оксидного ядерного топлива может негативно влиять на его эксплуатационные характеристики. Выходу гелия из объёма кристаллов топлива способствует миграция атомов вдоль протяженных дефектов, включая дислокации. В настоящей работе дислокационная диффузия гелия в диоксиде урана исследована методом молекулярной динамики.

Модельными системами в работе были изолированные в вакууме кристаллиты UO2 из 23163 ионов. Дислокационную петлю создавали посредством схлопывания плоской прямоугольной полости, перпендикулярной вектору Бюргерса дислокации (кристаллографическому направлению). В каждом вычислительном эксперименте отслеживали миграцию единственного атома гелия, который изначально размещали в одном из углов дислокационной петли.

Взаимодействие собственных ионов кристалла описывали эмпирическими парными потенциалами MOX-07 [1]. В отношении гелия, сопоставили два набора расчётных потенциалов [2-3]. Потенциалы [3] отличались от [2] на порядок более сильным связыванием атома с катионами урана.

Показано, что при рассмотренных в работе временах эволюции модельной системы, до 3 нс, атом гелия удерживался в ядре дислокации, перемещаясь вдоль неё. Рассчитаны коэффициенты диффузии гелия вдоль линии дислокации при температурах от 375 K до 1000 K.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-52-48008 ИНД_оми.

1. S.I. Potashnikov, A.S. Boyarchenkov, K.A. Nekrasov, A.Ya. Kupryazhkin, Journal of Nuclear Materials, 419, 217–225 (2011).

2. R.W. Grimes, R.H. Miller, C.R.A. Catlow, Journal of Nuclear Materials, 172, 123–125 (1990).
3. D.D. Seitov, K.A. Nekrasov, A.Ya. Kupryazhkin, S.K. Gupta, A.T. Akilbekov, Bulletin of the university of Karaganda-physics, 3(87), 26–30 (2017).

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ КРУПНОСТИ КАТОДНОГО ПОРОШКА ТИТАНА И ВЫХОДА ПО ТОКУ ОТ ПЛОТНОСТИ ТОКА

Щербаков Д.М.[1], Вахитов А.И.[1], Смирнов Г.Б.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: shcherbakov-damir@mail.ru

THE STATEMENT OF THE PROBLEM OF MODELING THE DEPENDENCE OF THE FINENESS OF THE CATHODE TITANIUM POWDER AND CURRENT EFFICIENCY ON CURRENT DENSITY

Sherbakov D.M.[1], Vahitov A.I.[1], Smirnov G.B.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Постановка задачи моделирования зависимости крупности катодного порошка титана и выхода по току от плотности тока процесса его получения из солевого расплава.

Результатом работы является модель потенциостатического катодного осаждения титана из хлоридного расплава, в которой отражены зависимости выхода по току и крупности катодного порошка титана при разных концентрациях титана в электролите от плотности тока. Данная модель была получена на основе потенциостатических исследований процесса электролиза в хлоридных титан содержащих расплавах [1]. При построении модели были учтены особенности статических состояний процесса электролитического выделения титана на катоде [2].

Модель представляет собой зависимости крупности электролитического порошка титана и выхода по току процесса его получения при трёх концентрациях содержания титана в электролите (2; 3,5; 5мас.%). Пример зависимости средней крупности порошка титана от плотности тока при 5мас.% содержании его в электролите представлен на рисунке.

Модели предназначены для использования в пакете моделирования процесса электролиза в электролизере коаксиальной симметрии при учёте особенностей распределения электрического поля в аппарате [3].

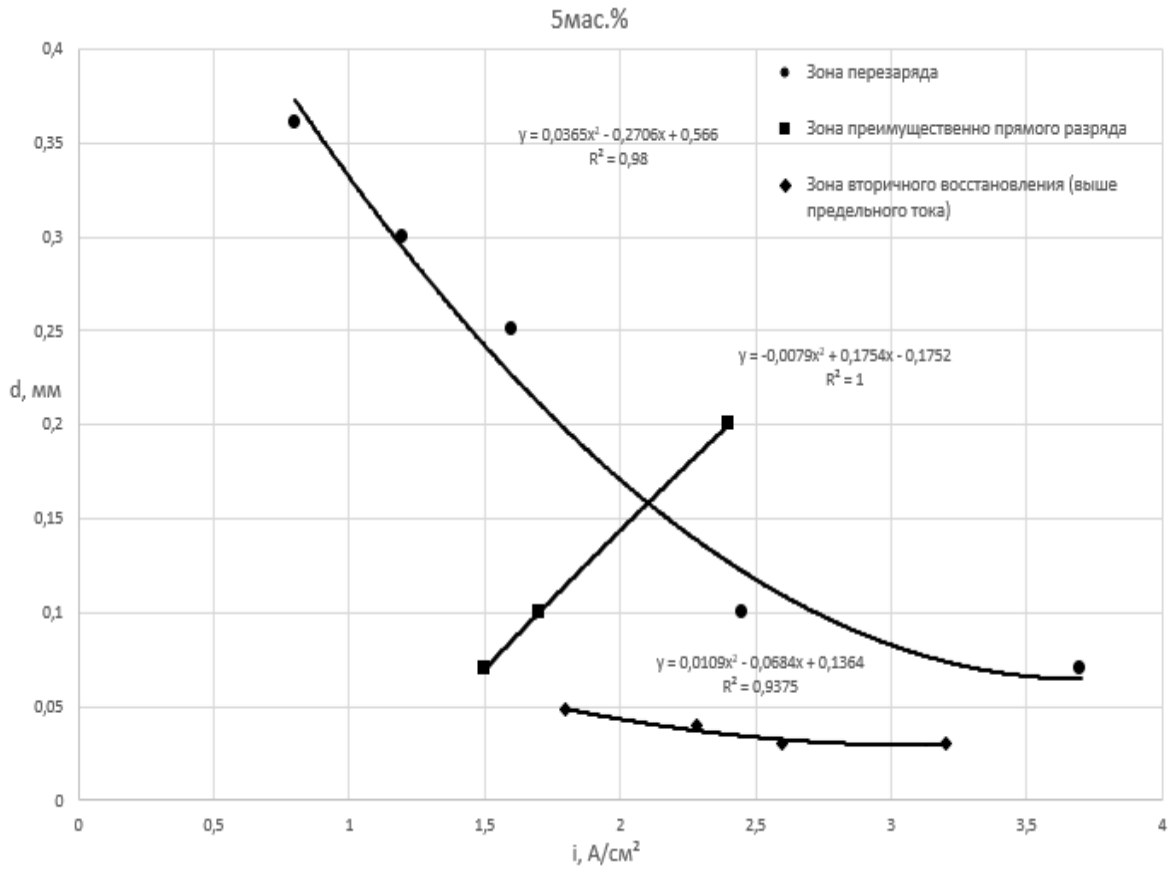


Рис. 1. Зависимость диаметра (d, мм) порошка титана от плотности тока (i, А) на катоде для электролита, содержащего 2масс.% Ti

1. S.L. Goldstein, S.V. Gudkov, S.P. Raspopin, G.B. Smirnov, P.Z. Sayfullin, News of higher educational institutions, Non-ferrous metallurgy, 2, 31-36 (1985).
2. G.B. Smirnov, S.E. Markina, V.G. Tomashevich, Melts, 6, 50-56 (2010).
3. G.B. Smirnov, A.A. Fokin, S.E. Markina, A.I. Vakhitov, Melts, 5, 78-83 (2014).

ОБЗОР АКТУАЛЬНЫХ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ БАЗ ДАННЫХ

Шевцов В.Ю.[1], Бабенко А.А.[1], Касимовский Н.П.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия.
E-mail: vadim94.d@mail.ru

THE REVEIW OF ACTUAL THREATS IN DATABASE SYSTEMS

Shevtsov V.Yu.[1], Babenko A.A.[1], Kasimovskiy N.P.[1]
[1)] Volgograd State University, Volgograd, Russia.

Information security of database issues are critical when ensuring different information systems security. The paper is deal with actual threats of security in database. The paper include a many incidents of information security in different organization.

Безопасность систем баз данных (БД) охватывает широкую область систем, средств и мер защиты информации для обеспечения защиты баз данных от большого спектра различных угроз конфиденциальности, целостности и доступности [1]. Т.к. значительная часть информации содержится именно в таких типах структур, логично выделить актуальные угрозы для систем БД, чтобы использовать это в дальнейшем при построении систем защиты БД.

Угроза повышения привилегий. Данный тип угроз преимущественно относится к внутренним нарушителям. Порой даже нет необходимости в получении дополнительных привилегий. Поэтому к данному типу угроз следует отнести чрезмерные и неиспользуемые привилегии. Чтобы избежать этого, необходимо при администрировании пользователям БД назначать минимум необходимых прав и не забывать обнулять их при переназначении.

Даже наличие встроенных и дополнительных механизмов защиты БД не всегда позволяет избежать утечек информации. Так в японской компании Trend Micro (крупнейший производитель ПО для кибербезопасности) в начале августа 2019 года зафиксировали утечку значительно числа персональных данных клиентов. В ходе расследования выяснилось, что причиной инцидента стал инсайдер, получивший несанкционированный доступ к соответствующим БД [2].

Угроза взлома БД (SQL-инъекции/Input-инъекции). В зависимости от технологий, применяемых в системе управления базой данных (СУБД), злоумышленник может использовать для реализации угроз SQL-инъекции для ввода вредоносного кода в поля приложений (для традиционных СУБД) [3] или NoSQL-инъекции для ввода вредоносного кода в компоненты системы (для платформ BigData). Для противодействия такому типу угроз необходимо постоянно обновлять программное обеспечение баз данных или принудительно запрещать ввод определенных команд.

Угрозы социальной инженерии. Заключается во вредоносном на БД через ее пользователей. Для этого злоумышленники применяют множество ухищрений,

такие как: представление официальным лицом, фишинг, вредоносное ПО. Чтобы не стать жертвой таких угроз, необходимо применять соответствующие меры защиты, включающие эффективные политики безопасности, информирование сотрудников, фильтры электронной почты.

Угрозы носителям информации. Защищенность носителей информации, особенно хранящих резервные копии, остается недостаточной. Физический доступ к ним часто не контролируется, а действия, связанные с обращением к ним, игнорируются. Поэтому необходимым условием для защиты информации является контроль всех носителей информации БД, в том числе резервных, главным образом за счет аудита и мониторинга.

Отказ в обслуживании (DoS/DDoS). Одна из самых распространенных угроз информационной безопасности для большинства ИС, заключающаяся в потере доступа к ресурсам информационной системы. К БД чаще всего применяют провокацию перегрузки аппаратных ресурсов сервера либо путем отправки большого числа запросов, либо путем отправки запросов требовательных к производительности ИС.

1. М. А. Полтавцева, А. Р. Хабаров, Программные продукты и системы. 3, 36-41 (2016)

2. InfoWatch, Инсайдер продал клиентскую базу Trend Micro, 2019, https://www.infowatch.ru/resources/analytics/leaks-monitoring/17657

3. K. T. Manish, SQL-инъекция через ошибку при помощи оператора "Order By" (MSSQL), (2018).

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПАССИВНОГО ОТВОДА ТЕПЛА ШАХТЫ-ХРАНИЛИЩА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ИВВ-2М

Шумков Д.Е.[1], Ташлыков О.Л.[2]

[1)] АО "Институт реакторных материалов", г. Заречный Свердловской области, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: shumkov_dmitriy@mail.ru

DEVELOPMENT SYSTEM OF PASSIVE REMOVED HEAT FOR THE STORAGE PIT OF RESEARCH NUCLEAR REACTOR IVV-2M

Shumkov D.E.[1], Tashlykov O.L.[2]

[1)] JSC "Institute of nuclear materials", Zarechny, Sverdlovsk region, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Calculations and analysis of residual energy emissions in the storage pit of irradiated fuel assemblies of the IVV-2M research nuclear reactor, and a 3D model of the passive heat removal system was developed.

После аварии на АЭС Фукусима-1 во всех странах были разработаны дополнительные мероприятия для предотвращения разгерметизации ОТВС в бассейнах выдержки.

В рамках нашего проекта, с учетом опыта зарубежных и отечественных конструкторских решений, планируется произвести разработку системы пассивного отвода тепла с использованием тепловых труб (термосифонов).

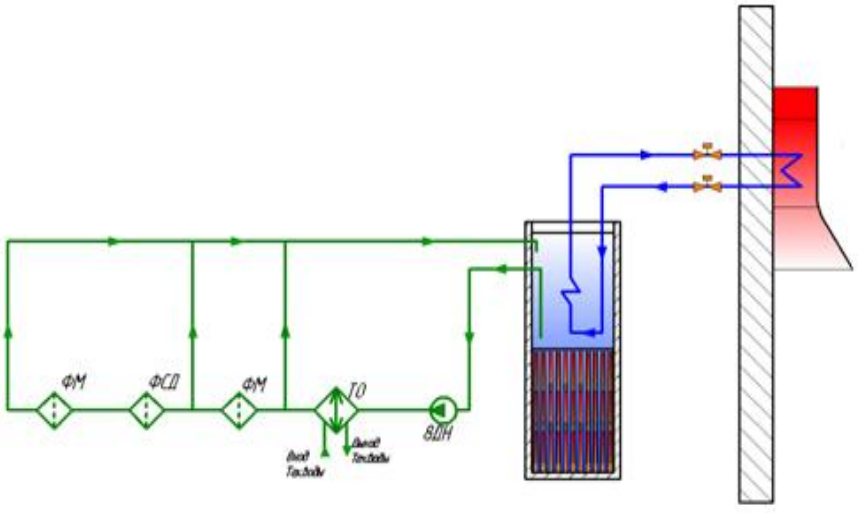


Рис.1. Компоновка систем штатного и аварийного расхолаживания

Расчет остаточных энерговыделений в шахте-хранилище облученных топливных сборок исследовательской ядерной установки ИВВ-2М проведен с целью

определения мощности остаточного тепловыделения в шахте-хранилище для дальнейшего анализа и повышения надежности штатной системы очистки и охлаждения теплоносителя, путем внедрения в шахту-хранилище системы пассивного отвода тепла (СПОТ) [1-2].

Предполагается несколько вариантов работы СПОТ:

1. Работа при нормальных условиях эксплуатации в условиях пониженной мощности с подключением дополнительных секций термосифонов при повышении температуры воды в шахте-хранилище.

2. Подключение СПОТ в аварийном режиме с потерей электроснабжения.

СПОТ передает избыточное тепло окружающей среде с помощью рабочего тела – легко кипящей жидкости.

1. Д. Е. Шумков, О. Л. Ташлыков, С. С. Мингалимов, В. А. Климова, Физика. Технологии. Инновации. ФТИ - 2019. [Электронный ресурс]: тезисы докладов VI Международной молодежной научной конференции, посвященной 70-летию основания Физико - технологического института, 925-926 (2019).

2. Д. Е. Шумков, С. С. Мингалимов, О. Л. Ташлыков, Инновации в атомной энергетике: [Электронный ресурс]: сб. докладов конференции молодых специалистов (23–24 октября 2019 г., Москва). М.: Изд-во АО «НИКИЭТ», 705-711, (2019).

ОТБОР ИЗ АКУШЕРСКОГО АНАМНЕЗА ЖЕНЩИН ПРИЗНАКОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ИСХОД БЕРЕМЕННОСТИ, ПОЛУЧЕННОЙ С ПОМОЩЬЮ ЭКО

Синотова С.Л.[1], Лимановская О.В.[1], Плаксина А.Н.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Детская поликлиника «ЕМЦ «УГМК-Здоровье», г. Екатеринбург, Россия
E-mail: sveta.volkova92@mail.ru

SELECTION FROM THE OBSTETRIC HISTORY OF WOMEN SIGNS THAT AFFECT THE OUTCOME OF PREGNANCY OBTAINED USING IVF

Sinotova S.L.[1], Limanovskaya O.V.[1], Plaxina A.N.[2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Children’s clinic, , Yekaterinburg, Russia

This article conducted a correlation analysis to search for factors of obstetric history of pregnancy outcomes obtained using IVF. Initial data include terms and methods of childbirth, diagnoses of children at the stage of the maternity hospital.

ЭКО – медицинская технология, помогающая родить ребенка при наличии бесплодия. Успешность ЭКО для будущих родителей определяется не только возникновением беременности, но и здоровьем ребенка. Отсутствие

систематических данных о результатах беременностей и рожденных детях существенно осложняют проведение объективного анализа. Работа посвящена поиску влияния на исход текущей беременности, полученной с помощью ЭКО, таких факторов как внематочная беременность, самостоятельные/оперативные срочные или преждевременные роды, выкидыш, аборт, регрессирующая беременность, указанных в акушерском анамнезе женщины. Значимые признаки ($p<0,05$) в дальнейшем будут использованы для построения прогностической модели вероятности появления отклонений в здоровье ребенка.

Выводы сделаны на основе базы, полученной в Автоматизированной системе «Региональный акушерский мониторинг (АС «РАМ») (свидетельство о государственной программе для ЭВМ № 2017619189 от 16.08.2017). Для анализа использовались анамнез и результаты беременности 338 женщин и данные о состоянии здоровья их 402 детей.

Для отбора признаков используется корреляционный анализ, выполненный с применением точного критерия Фишера, критерия согласия Хи-квадрат и, для сравнения результатов, с использованием интервальных оценок долей, Z-критерия для разности двух долей. В качестве исходов выбраны сроки и способы родоразрешения, а также диагнозы детей на этапе родильного дома.

Была получена связь между наличием выкидыша в анамнезе и прерыванием, сроком родов в текущей беременности. Есть связь между способом родоразрешения в анамнезе и в текущей беременности, внематочной беременности в анамнезе с плановым кесаревым сечением в текущей. Наличие регрессирующей беременности в анамнезе влияет на наличие внутриутробной гипоксии плода (P20), преждевременные роды в анамнезе – на диагноз P25.3 (пневмоперикард, возникший в перинатальном периоде).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-37-90121.

The reported study was funded by RFBR, project number 19-37-90121.

1. С. Гланц. Медико-биологическая статистика. М.: Практика (1998).
2. В. И. Петров и С. В. Недогода, Медицина, основанная на доказательствах: учебное пособие. М.: ГЭОТАР-Медиа (2009).
3. А. М. Гржибовский, Экология человека 6, 58-68 (2008).

ПРОБЛЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ В ЦЕЛЯХ ЭКСПОРТНОГО КОНТРОЛЯ В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УНИВЕРСИТЕТОВ

Скрипов А.П.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: a.p.skripov@mail.ru

PROBLEMS OF IDENTIFICATION OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL PRODUCTS FOR EXPORT CONTROL IN THE FIELD OF INTERNATIONAL ACTIVITIES OF UNIVERSITIES

Skripov A.P.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The article presents the experience of organizing a system for identifying the results of scientific and technical activities of the University, which are objects of foreign economic activity, the main problems of universities that lead to violations in the field of export control are revealed.

Современные университеты все больше вовлекаются в процессы проведения исследований и развития технологий, реализуя инновационные подходы в различных областях деятельности. Университеты, осуществляющие деятельность в научно-технических областях науки, являются источниками технологий двойного и специального назначения. Обладая «чувствительными» знаниями, университеты являются отличной мишенью для иностранных государств и различных организаций, которые стремятся приобрести такие знания различными способами, включая шпионаж и незаконный экспорт. При этом университеты являются весьма уязвимыми для нарушений в области экспортного контроля [1].

Большинство университетов стремятся к участию в международной деятельности и закреплению своих позиций за счет реализации образовательных программ для иностранных граждан, привлечения иностранных специалистов для решения своих задач, кроме того, университеты участвуют в международных научно-исследовательских проектах.

Внешнеэкономическая деятельность университетов отличается своей спецификой в связи с разнообразием форм и возможных способов передачи товаров и технологий иностранным партнерам, которые используются повседневно. Если вопросы контроля за товарами двойного назначения решаются достаточно однозначно в связи с необходимостью проведения процедур таможенного оформления и логистики, то ряд проблем возникает при трансфере технологий специального и двойного назначения, при этом особое внимание необходимо уделять неосязаемой передачи технологий. Контролируемые технологии могут раскрываться в рамках оказания услуг по обучению или тренингу, при открытом

опубликовании на научных конференциях. Кроме того, повсеместная цифровизация во всех областях деятельности приводит к массовому использованию электронных ресурсов для решения всевозможных задач. При этом размещение данных, содержащих технологии двойного и специального назначения, на электронных ресурсах и предоставление к ним доступа имеет риски раскрытия или утечки.

Кроме того, проблемы возникают при идентификации контролируемых технологий в рамках различных научных исследований, поскольку контролю подлежат технологии прикладного назначения [2], а фундаментальные исследования исключены из списков контролируемых товаров и технологий. Результаты исследований, имеющих прикладное назначение, могут иметь сугубо гражданское назначение, могут относится к технологиям специального или двойного назначения, а могут находится в «серой зоне», т.е. обладать параметрами, близкими по значению к контролируемым технологиям или относится к перспективным технологиям, которые позволяют решать задачи в области создания оружия массового поражения, средств доставки или военной техники (см. рисунок 1). При этом отсутствуют механизмы и объективные критерии, которые позволяют определить относится ли определенная технология к фундаментальным исследованиям или имеет прикладное назначение, что может привести к ошибке идентификации и раскрытию чувствительных данных.



Рис. 1. Результаты исследований: классификация для целей экспортного контроля.

1. S. Fuentes, DSc. Universities' Vulnerabilities to Export Control Laws. Mentored by Dr. Michael Krantz. 233, (2018).

2. Federal Office of Economics and Export Control (BAFA) Export Control in Science & Research. Режим доступа: https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/EN/Foreign_Trade/ec_awareness_academia.html

СЕГМЕНТАЦИЯ ОБЛАСТЕЙ КОСТНОЙ ТКАНИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ГРАНИЦ РАЗНОЙ ПЛОТНОСТИ

Скворцов К.М.[1], Маркина С.Э.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: skv.km21@gmail.com

SEGMENTATION OF AREAS OF BONE TISSUE TO IDENTIFY BOUNDARIES OF DIFFERENT DENSITIES

Skvortsov K.M.[1], Markina S.E.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The treatment of complex fractures often requires procedures such as installing metal clips. The surgeon will be able to perform these procedures in the most optimal way thanks to the additional processing of CT images according to the proposed algorithm.

Компьютерная томография – это эффективный метод исследования внутреннего состояния предмета, в том числе, человеческого организма с возможностью дальнейшего построения объемных моделей органов и костей. КТ используется в диагностических целях, часто является незаменимой процедурой в ходе обследования и лечения человека.

Сложные переломы или врожденные дефекты костей редко обходятся без использования эндопротезов, которые устанавливаются с помощью специальных металлических фиксаторов [1]. Процедура должна основываться на твердой уверенности хирурга в нормальной плотности костной ткани. Есть риск, что области костей, которые будут задействованы в операции, имеют пониженную плотность вследствие гендерно-возрастных особенностей или остеопороза.

На снимках КТ есть возможность определять плотность объектов по шкале Хаунсфилда [2].

Данная работа посвящена разработке алгоритма определения области пониженной плотности кости, чтобы врач мог определенным образом спланировать операцию, напечатать имплант с нужной пористостью, определить места, куда устанавливать винты.

Исследование проводилось в среде визуального программирования MeVisLab: были обработаны снимки КТ, создана 3D-модель кости с цветовым картированием зоны пониженной плотности, что поможет хирургу-травматологу ликвидировать последствия перелома оптимальным образом.

1. ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЕ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА (электронный ресурс) url: http://3hospital.ru/145 (дата обращения: 23.12.2019)

2. Шкала Хаунсфилда – Википедия (электронный ресурс) url: https://ru.wikipedia.org/wiki/Шкала_Хаунсфилда (дата обращения: 24.12.2019)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАДАЧАМИ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ЦСПА

Соловьев Е.С.[1, 2], Рогович В.И.[2], Топорков Д.Н.[1]

[1)] АльтероПауэр, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: ses@alteropower.net

DEVELOPMENT OF A TASK MANAGEMENT SYSTEM FOR THE HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX CENTRALIZED EMERGENCY CONTROL SYSTEM

Solovev E.S.[1, 2], Rogovich V.I.[2], Toporkov D.N.[1]

[1)] AlteroPower, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Development of a new task management system for a centralized emergency control system based on IMDG solution.

Исследования и разработки в направлении централизованного диспетчерского управления ведутся с 1960-х годов. В настоящие время функционирует программно-аппаратный комплекс ЦСПА [1], который обеспечивает в автоматическом режиме сохранение устойчивости работы энергосистемы при возникновении аварийных возмущений.

Система «Супервизор» [2] является главным программным модулем ПТК верхнего уровня ЦСПА. Она предназначена для запуска и контроля расчетного цикла. Новая система управления прикладными задачами реализуется в рамках работ по модификации ПТК верхнего уровня ЦСПА компанией ООО «АльтероПауэр».

Реализованы два сервиса: сервис управления задачами и сервиса уведомлений и синхронизации конфигурации. Обеспечена интеграция с интегральной оболочкой ЦСПА. Обеспечено взаимодействие с компонентами по средствам REST API и Hazelcast [3].

На рисунке представлена целевая архитектура, которая отражает принципы информационного взаимодействия. Красным и зеленым отмечены новые компоненты.

Описание работы сервиса управления задачами.

Сервис позволяет задавать сценарии в том числе и в виде цепочки задач. Задачи процесса задаются в виде списка; также отдельным списком задаются условия выполнения задач и перехода между ними. Сценарий, а также какая-либо из входящих в него задач могут иметь ограничение на время выполнения. Сервис поддерживает как параллельный запуск процессов, так и задач внутри процесса. Сценарии (процессы) могут быть вызваны или остановлены по запросу, который

может быть направлен системе в виде команды через REST API. Так же по REST API доступно предоставление статистики работы сервиса.

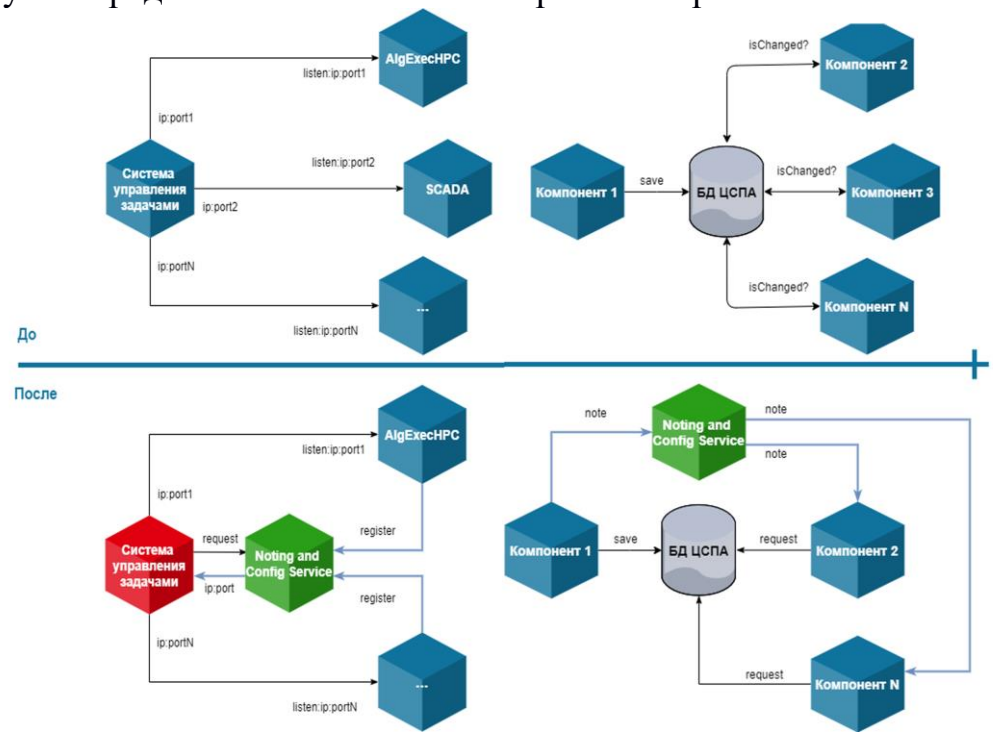


Рис. 1. Схема информационного взаимодействия

Описание работы сервиса уведомлений и синхронизации конфигурации.

В целях реализации автономного режима работы реализован сервис косвенного взаимодействия системы с базой данных и остальными сервисами ЦСПА. Каждый из компонентов системы, которому необходим прием уведомлений об изменении состояния, подключается к сервису синхронизации уведомлений и конфигурирования и начинает прослушивать предопределённые очереди, с помощью которых производится уведомление о событиях, требующих реакции компонента.

1. Централизованная система противоаварийного управления [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.so-ups.ru/index.php?id=1347

2. Супервизор [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://dg.convex.ru/redmine/projects/cspa-children/wiki/Супервизор

3. Hazelcast [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://hazelcast.com/

STUDYING RECOGNITION DYNAMICS OF MONOCHROME SYMBOLIC IMAGES BY A RAPID SERIAL VISUAL PRESENTATION METHOD

Tarasova T.D.[1], Sergeev A.P.[1, 2], Tarasov D.A.[1]

[1)] IRIT, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Industrial Ecology UB RAS, Yekaterinburg, Russia
E-mail: datarasov@ya.ru

The paper describes the application of an RSVP method to study the dynamics of recognition time of visual stimuli by an untrained observer. The method is implemented on the basis of a specially developed program presenting stimulus material on a computer screen according to a given algorithm.

Studies conducted in [1] showed that the rapid presentation of a series of stimuli can increase the speed of their recognition. Although it was revealed [2] that the complexity of the pattern plays a large role in its perception. In this paper, we study the influence of spatial characteristics of stimuli on the speed of their recognition, using the example of images of letters. As the stimulus material, two capital letters “E” and “Z” were used for two fonts: Times New Roman and Art Script. In total, 4 stimuli were used, each of which was presented 100 times in random order. To create stimulus material, the letters were aligned in height and then converted into a BMP raster image file, which were displayed on a computer screen. A special program is used for the experiment, which collects respondent data, presents stimuli in a random order, and writes down the respondent's reaction time to the presented symbol in the table. A total of 1,600 presentations of four incentives were conducted for four respondents. Figure 1 shows the distribution of the average letter recognition time (ordinate axis) for all respondents from its first presentation to the last (abscissa axis). Based on the obtained set of points, a regression line was constructed with confidence intervals with a probability of 0.95. As can be seen from Figure 1, all regression lines are increasing, which can be explained by an increase in respondents' fatigue. For the letter “E” of the Art Script font (Figure 1, a) and the letter “Z” of the Times New Roman font (Figure 1, e), the regression line has the smallest slope. The authors suggest that a significant difference in the incidence of these incentives from the rest, develops a stable recognition strategy for respondents. The results of the experiment showed that the differences in recognition dynamics are not significant. Obviously, that more accurate results can be obtained by increasing the number of respondents. The study showed that the use of a special program and controlled experimental conditions greatly facilitate the obtaining and processing of the result.

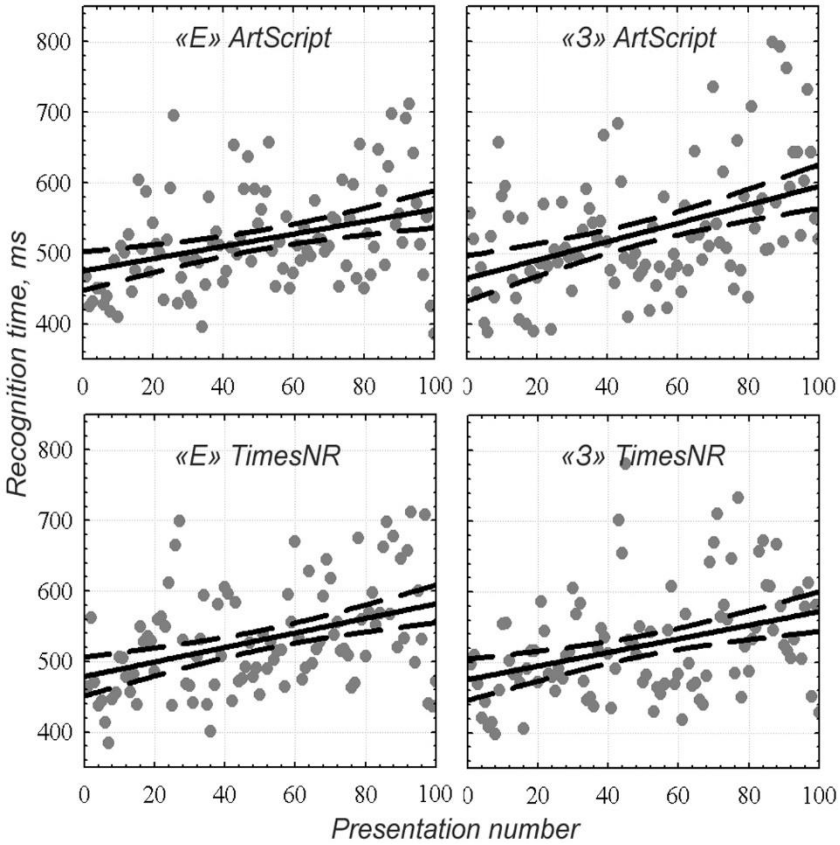


Fig. 1. Stimuli recognition dynamics.

1. Wobbrock J. O., Forlizzi J., Hudson S. E., Myers B. A. Proceedings of the 15th annual ACM symposium on User interface software and technology – UIST, 205 (2002).

2. Митрофанова В. С. Вестник Ульяновского государственного технического университета. 4, 32-34, (2015).

3. Potter M. C. Journal of Experimental Psychology: Human Learning & Memory, 2(5) 509-522, (1976).

4. Reeves A., Sperling G. Psychological Review. 93(2), 180-206, (1986).

5. Sperling G, Weichselgartner E. Psychological Review, 102, 503-522, (1995).

АЛГОРИТМЫ ОЦЕНКИ ТЯЖЕСТИ КОСТНОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ В ОПЕРАТИВНОЙ ТРАВМОТОЛОГИИ

Толмачева Ю.М.[1], Маркина С.Э.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: t.juliya.m@ya.ru

ALGORITHMS FOR ESTIMATING SEVERITY OF BONE DAMAGE IN OPERATIVE TRAUMATOLOGY

Tolmacheva Y.M.[1], Markina S.E.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Closed comminuted fracture is complex damage. Prevention training is crucial. In this work, we processed images in a visual programming environment. It was possible to separate the fragments of bone tissue, to study their surface, giving the doctor the opportunity to connect them.

Планирование оперативного вмешательства является важным и неотъемлемым этапом в травматологии и ортопедии, который позволяет акцентировать внимание на особенностях клинического случая, выявить возможные проблемы во время проведения операции. На этом этапе возможно проведение оценки имеющихся изменений костно-мышечной системы, определение этапов операции, выбор необходимого имплантата.

Ближайшим к классической рентгенографии и более новым методом исследования является компьютерная томография [1]. Трехмерная реконструкция компьютерных томограмм дополнила диагностику и планирование ортопедических вмешательств со способностью обеспечивать высококачественное цифровое изображение костной системы.

Цель работы – разработка алгоритма проведения предоперационного планирования у пациентов с травмами костной ткани, сопровождающимися смещением осколков, и составление на данной основе полноценного плана для прецизионного проведения оперативного вмешательства.

Оскольчатый перелом характеризуется образованием более двух костных отломков. Данные переломы могут возникать в любой анатомической области, однако их возникновению более всего подвержены длинные трубчатые кости, такие как большеберцовая, плечевая, локтевая, лучевая и бедренная. Такие повреждения считаются довольно сложными, так как очень часто сопровождаются смещением отломков. Опасность оскольчатых переломов заключается также в том, что они сопровождаются высоким риском возникновения интерпозиции мягких тканей, сдавления либо повреждения сосудов и нервов. На основании этого возникает необходимость виртуальной предоперационной подготовки.

Очень часто в следствии образования значительного количества отломков возникают трудности в процессе репозиции отломков, так как иногда фрагменты кости не удается корректно сопоставить либо удержать в нужном положении посредством гипсовой повязки. Данная проблема стоит особенно остро при репозиции внутрисуставных оскольчатых переломов, так как при таких повреждениях для полноценного функционирования сустава следует максимально точно восстановить конфигурацию суставных поверхностей. В результате сложностей с репозицией отломков при таких повреждениях часто проводится хирургическое вмешательство.

В данной работе была произведена обработка снимков в среде визуального программирования MeVisLab [2]. Использовались различные модули для сегментации и перемещения фрагментов кости, фильтрации, масштабирования изображения КТ. При использовании встроенных модулей удалось разделить осколки костной ткани, изучить их поверхность и соединить в единое целое.

1. А. Н. Михайлов, Средства и методы современной рентгенографии: практ. рук. Минск: Белорус. наука (2000).
2. MeVisLab [Электронный ресурс] // URL: https://wiki2.org/en/MeVisLab

ОБ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ МЕХАНИЗМА ПЕРЕГРУЗКИ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ РЕАКТОРА БН-800

Чан К.Ч.[1], Долгий Ю.Ф.[1], Сесекин А.Н.[1], Ташлыков О.Л.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: chkch102@gmail.com

WORK OPTIMIZATION OF NUCLEAR FUEL OVERLOADING MECHANISM FOR BN-800 REACTOR

Tran K.T.[1], Dolgiy Yu.F.[1], Sesekin A.N.[1], Tashlykov O.L.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The problem of minimizing the time of reloading nuclear fuel for the BN-800 reactor is considered. Under the assumption that no more than two plugs can rotate at a time, a time-optimal control algorithm is proposed.

Механизм перегрузки натриевого реактора на быстрых нейтронах БН-800 отличается от аналогичного механизма перегрузки реактора БН-600 тем, что наведение механизма перегрузки на координаты топливной сборки, ее перемещение в реакторе осуществляется при взаимном вращении трех цилиндров, называемых поворотными пробками, расположенными эксцентрично [1], а не двух, как в реакторе БН-600.

Задача оптимизации последовательности операций по перестановке тепловыделяющих сборок (ТВС), стержней управления и защиты (СУЗ) при перегрузке реактора состоит в том, чтобы минимизировать время перегрузки реактора и, соответственно, сократить простой энергоблока АЭС [1].

Рассматриваемая задача оптимизации имеет две составляющие: это маршрутная задача, которая определяет очередность перестановки тепловыделяющих сборок. Эта задача при некоторых предположениях рассматривалась в [2]. Кроме того, существует задача оптимизации перемещения механизма перегрузки ядерного топлива.

В работе [3] построена математическая модель механизма перегрузки ядерного топлива, состоящего из трех вращающихся пробок. Эта модель записана с помощью уравнений Лагранжа второго рода. Построенная модель является существенно нелинейной и трудна для исследования. Поэтому в этой работе мы рассмотрели случай, когда поворотные пробки вращаются последовательно. Для оптимизации поворота одной пробки использовался результат, полученный в [4]. В итоге задача сводилась к задаче нелинейного программирования с тремя переменными. В этой работе рассматривается случай, когда допускается вращение одновременно не более двух пробок. Для этого случая построена оптимизационная модель, сводящая исходную задачу к задаче нелинейного программирования с двумя переменными. Разработана программа, решающая эту задачу нелинейного программирования и приведен численный эксперимент.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 18-01-00410).

1. А. И. Бельтюков, А. И. Карпенко, С. А. Полуяктов, О. Л. Ташлыков, Г. П. Титов, А. М. Тучков, С. Е. Щеклеин, Атомные электростанции с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем: учебное пособие. Екатеринбург: УрФУ (2013).

2. В. В. Коробкин, А. Н. Сесекин, О. Л. Ташлыков, А. Г. Ченцов, Методы маршрутизации и их приложения в задачах повышения безопасности и эффективности эксплуатации атомных станций. М.: Издательство “Новые технологии” (2012).

3. Yu. F. Dolgii, A. N. Sesekin, O. L. Tashlykov, K. T. Tran, AIP. Conf. Proceed. 2172, 070015 (2019).

4. Yu. F. Dolgii, A. N. Sesekin, O. L. Tashlykov, E. Z. Zaynullina, IFAC-PapersOnLine, 51(32), 636-641 (2018).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВОЗРАСТНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО КОНТЕНТА

Тростьянская П.В.[1], Бахрачева Ю.С.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия.
E-mail: ptros99@gmail.com

USING AN AUTOMATED SYSTEM FOR AGE CLASSIFICATION OF INFORMATION CONTENT

Trostyanskaya P.V.[1], Bakhracheva Yu.S.[1]
[1)] Volgograd State University, Volgograd, Russia.

It is necessary to create an automated system to simplify the decision-making process about the age limit of the site. This system should be based on an algorithm for age categorization of sites.

В настоящее время всемирная информатизация наращивает темпы и подталкивает интернет к бурному развитию и проникновению во все сферы деятельности. Любой человек может получить свободный доступ к практически бесконечным ресурсам интернет-пространства.

Согласно закону «О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию» № 436-ФЗ, классифицировать информационную продукцию согласно № 436-ФЗ, возможно по следующим категориям [1]: 0+, 6+, 12+, 16+, 18+.

Вышеизложенный подход к разделению интернет-ресурсов по возрастной категории может успешно применяться для родительского контроля интернета – комплекса правил и мер по предотвращению негативного воздействия интернета и компьютера на ребёнка.

В Российской Федерации, согласно № 436-ФЗ и рекомендациям Роскомнадзора, оценивать, способна ли та или иная информационная продукция причинить вред здоровью и развитию детей, могут эксперты, имеющие высшее профессиональное образование и обладающие специальными знаниями в области педагогики, возрастной психологии, возрастной физиологии и детской психиатрии [2]. Качество такого рода оценки целиком зависит от опыта эксперта и по одному и тому же материалу, разные эксперты способны вынести разное заключение. Кроме возможных противоречивых заключений, возникает сложность в обработке огромного объема информации, которую обязательно необходимо исследовать эксперту для выработки заключения. Исходя из этого, возникает необходимость в создании автоматизированной системы, которая позволила бы упростить процесс принятия решения о возрастном цензе сайта. В основе этой системы должен лежать алгоритм возрастной категоризации сайтов. Решение

задачи классификации является одним из важнейших применений нейронных сетей.

С помощью автоматизированной системы (АС) на основе алгоритма, отвечающего всем актуальным требованиям к экспертизе информационной продукции, упростится процесс принятия решения о возрастной классификации интернет-ресурса. На рис. 1 представлена схема работы автоматизированной системы на основе предлагаемого интеллектуального алгоритма.

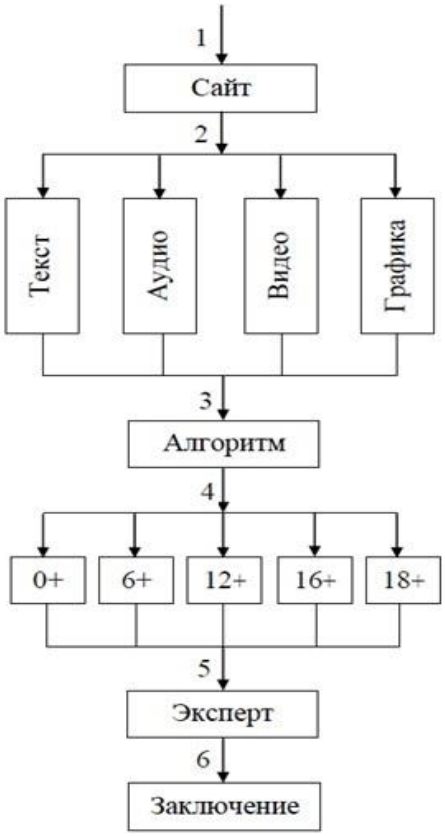


Рис. 1. Схема работы автоматизированной системы по классификации сайтов

1. Ввод сайта в автоматизированную систему;

2. Разделение информационной наполненности сайта по типу используемого контента;

3. Автоматическая проверка каждого типа контента интеллектуальным алгоритмом;

4. Автоматическое присвоение возрастной оценки сайта согласно ФЗ №436 «О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию»;

5. Экспертный анализ сайта в ручном режиме, отчетов работы интеллектуального алгоритма и автоматической возрастной оценки сайта;

6. Итоговое заключение эксперта о возрастной оценке сайта на основе результатов работы интеллектуального алгоритма и проверки контента в ручном режиме.

Программный продукт, на основе алгоритма категоризации с интеллектуальным анализом данных позволит упростить проведение возрастной классификации сайтов и значительно продвинуться вперед на пути к созданию безопасного интернет-пространства для детей.

1. Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2010 г. №436-ФЗ «О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию»
2. В. А. Гостюнина, А. Н. Савельев, Математические методы в технике и технологиях , ММТТ, 3, 111-115 (2017).

АНАЛИЗ ДЛИН СЛОВ И ПРЕДЛОЖЕНИЙ В ТЕКСТАХ ПУБЛИЧНЫХ ВЫСТУПЛЕНИЙ

Цижмовска Н.Л.[1], Мартюшев Л.М.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: nata-cizmov@yandex.ru

ANALYSIS OF WORD AND SENTENCE LENGTHS IN PUBLIC SPEAKING

Tsizhmovska N.L.[1], Martyushev L.M.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A review of the works on the analysis of word and sentence lengths is carried out. The importance of the topic for psycholinguistics and practices is indicated.

Статистический анализ длин слов и предложений является одним из направлений квантитативной лингвистики, которая исследует язык при помощи математических методов. С середины XX века был достигнут большой прогресс в данной области такими лингвистами как G.K. Zipf (1935), C.B. Williams (1940), Loman и Jorgensen (1967), Kucera (1980), B. Sigurd (2004) и многими другими. Их результаты носят не только теоретический, но и прикладной характер. Например, на основе таких параметров, как длина предложений, слов, удельное количество наиболее частотных слов вычисляется индекс удобочитаемости текста. Индекс удобочитаемости – это оценка сложности текста. Формулу ее расчета предложил в 1948 году R.F. Flesch, а в 1953 году W.L. Taylor представил алгоритм количественной оценки состава слов, предложений и текста в целом, который используется и сейчас.

В исследованиях H. Kučera указывается, что средняя длина предложения равна 18,49 слов. Однако длина предложений в английских текстах значительно отличается между «информативной» (биографии, рецензии, научные отчеты и т.д.) и «образной» (художественная литература) прозой, причем первая

демонстрирует более высокую среднюю длину от 18,63 до 24,23, чем вторая от 12,81 до 17,64 слов. Различия существуют не только между жанрами. Например, в 2008 году О.Н. Камшилова и др. [1] выявили, что длина предложений в эталонном (native) английских текстах длиннее, чем в европейском английском в среднем на 2 слова и на 6 в корейском английском. Такое различие объясняется тем, что в корейском английском сложноподчиненные предложения используют реже, чем в глобальном.

Время (эпоха) написания текста также, по-видимому, должно влиять на длину предложений. Данное исследование было начато в нашей группе А.В. Мельниковой [2]. В этом исследовании была взята выборка из 15 нобелевских лекций и 15 инаугурационных речей президентов США в период с 1901 по 2017 года, в которой было выявлено, что длина предложений у текстов лекций практически не менялись со временем, а у текстов речей упала с 22 до 10 слов, показывая стабильную отрицательную динамику. Это позволило сделать вывод, что тренд к укорачиванию не характерен для речи в целом, а только лишь для каких-то ее отдельных категорий. Очевидным недостатком этой работы является очень малый объем проанализированных текстов. В связи с тем, что подобные исследования крайне интересны с точки зрения психолингвистики начатую работу необходимо продолжать. Целью нашей работы явилось проверка и уточнение выводов работы [2]. Для анализа используются электронные архивы текстов публичных выступлений англоязычных политиков и ученых.

1. О. Н. Камшилова, Н. С. Капотова, В. В. Разумова, Исследование длины и структуры предложения в специальном корпусе текстов [электронный ресурс] СПб: КОРПУСНАЯ ЛИНГВИСТИКА-2008. Режим доступа: http://project.phil.spbu.ru/corpora2008/li42.htm (дата обращения: 20.11.2019)

2. А. В. Мельникова, ВКР магистра (рук. Мартюшев Л.М.), Екатеринбург: УРФУ (2019).

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В РАМКАХ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ

Усманов Р.Ф.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: rusman-8@mail.ru

RESEARCH OF IMAGES CLASSIFICATION METHODS WITHIN THE FRAMEWORK OF SOLVING THE LICENSE PLATE RECOGNITION PROBLEM

Usmanov R.F.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

As part of the solution to the problem of creating a hardware-software complex for license plate recognition, image classification methods were investigated. These methods were tested in practical use. The most suitable method was selected to determine the automobile license plate in the image.

Процесс определения автомобильного номерного знака включает в себя три основных этапа: сегментация, фильтрация и классификация изображений. В данной статье рассмотрен важнейший этап – классификация, то есть определение того или иного символа на номерном знаке к своему классу.

Задача классификации — задача, в которой имеется множество объектов (ситуаций), разделённых некоторым образом на классы. Задано конечное множество объектов, для которых известно, к каким классам они относятся. Это множество называется выборкой. Классовая принадлежность остальных объектов неизвестна. Требуется построить алгоритм, способный классифицировать произвольный объект из исходного множества [1].

В процессе решения задачи были рассмотрены три метода классификации, наиболее часто использующиеся в подобных задачах: метод k-ближайших соседей (KNN), метод опорных векторов (SVM), сверточная нейронная сеть (CNN) [2]. Для каждого из трех методов построен классификатор на основе обучающей выборки, произведена оценка эффективности алгоритмов с помощью тестовой выборки.

При решении задачи используются монохромные изображения. В каждой точке изображения значение функции находится во множестве 0-255 и является значением яркости белого цвета того или иного пикселя. Таким образом, на вход классификатора подаются матрицы с размерностью HxW, где H – высота изображения, W – ширина изображения, а элементы матрицы – значения яркости белого цвета.

Точность распознавания символов для метода k-ближайших соседей составила 93.34%, для метода опорных векторов 98.69%, для сверточной нейронной сети 99.67%. Таким образом, для решения задачи выбран метод классификации с помощью сверточной нейронной как наиболее эффективный.

1. С. А. Айвазян, В. М. Бухштабер, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин, Прикладная статистика: классификация и снижение размерности. — М.: Финансы и статистика (1989).

2. T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman, The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. 2nd ed. Springer-Verlag (2009).

РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНОГО КОДА ДЛЯ ПРОГРАММЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ ОПЕРАТОРА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ИВВ-2М

Васютин Н.А.[1], Литовченко В.Ю.[1], Ташлыков О.Л.[1],
Козлов А.В.[2], Селезнев Е.Н.[2]

[1)] Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] АО «Институт реакторных материалов», г. Заречный, Россия
E-mail: vasutinwasdek@gmail.com

DEVELOPING OF SETTLEMENT CODE FOR SUPPORTING PROGRAM OF RESEARCHING NUCLEAR REACTOR IVV-2M

Vasyutin N.A.[1], Litovchenko V.Yu.[1], Tashlykov O.L.[1],
Kozlov A.V.[2], Seleznev E.N.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] JSC “Institute of Nuclear Materials”, Zarechny, Russia

The report presents the results of settlement code developing for supporting program that contains information-computing complex of researching nuclear unit IVV-2M.

Исследовательская ядерная установка (ИЯУ) ИВВ-2М АО «Институт реакторных материалов» (ИРМ) предназначена для решения широкого спектра задач в областях ядерной физики, технологии, физики твердого тела, радиационной химии, биологии, подготовки специалистов.

Первоначально разработанный для ИЯУ расчетный код ИВК (информационно-вычислительный комплекс) имеет ряд недостатков. В частности, подготовка исходных данных для запуска расчета предполагает заполнение текстового файла в фиксированном формате. Расчетный код не имеет сопроводительной документации, позволяющей пользователю разобраться в его работе, содержит расчеты, строго привязанные к фиксированному положению данных в массивах,

используемых в программе. При этом, редактирование массива, хранящего макросечения нейтронных реакций (при добавлении данных о новых материалах или перезаписи старых данных), может повредить данные для расчета реактора. Расчетный код содержит неэффективные алгоритмы, поэтому часть его при выполнении программы не используется. Кроме того, расчетный код содержит уязвимости, которые позволяют пользователю совершить непреднамеренную ошибку и, как следствие, получить некорректные данные в результате расчета.

Как было изложено в работах [1-4], на первом этапе, учитывая требования, сформулированные заказчиком, был разработан алгоритм программы, позволяющей более простым образом подготавливать данные для расчета. При этом предполагалось расширение функционала данной программы для соответствия поставленным требованиям.

В ходе реализации второго этапа комплекса работ, выполненных в 2019 г., расчетный код был значительно переработан. Код был перенесен на язык C++. С помощью высокоуровневых средств языка были реализованы архивы данных с динамическим выделением памяти, в отличие от архивов фиксированного размера, которые использовались в исходном расчетном коде. Это позволило не накладывать на пользователя ограничения, связанные с вводом данных в массивы фиксированного размера. Были исправлены ошибки, которые могли привести к повреждению данных для проведения расчета.

В ходе работы была начата разработка языка ICCL (Information-Computing Complex's Language), который должен заменить подготовку файла с исходными данными в фиксированном формате. Данный язык будет иметь полноценную сопроводительную документацию для пользователя, а также будет защищен от непреднамеренных ошибок, которые может совершить пользователь.

На следующем этапе планируется разработка дружественного графического интерфейса для программы, а также внедрение программы на пульт оператора в качестве сопроводительной.

1. Н. А .Васютин, В. Ю. Литовченко, О. Л. Ташлыков, Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика : материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Екатеринбург: УрФУ,795-798 (2018).

2. Н. А .Васютин, В. Ю. Литовченко, О. Л. Ташлыков, А. В. Козлов, Международная научно-техническая школа-семинар по ядерным технологиям для молодых ученых, специалистов, студентов и аспирантов, Екатеринбург: тезисы докладов. 19-20, (2019).

3. N. A. Vasyutin,V. Yu. Litovchenko, O. L. Tashlykov, AIP Conf. Proceed. 2174(1): 020185, (2019).

4. Н. А .Васютин, В. Ю. Литовченко, О. Л. Ташлыков, Ядерные технологии: от исследований к внедрению – 2019: Сборник материалов научно-практической конференции. Нижний Новгород, 40-41, (2019).

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНОГО УЧАСТКА ТРУБОПРОВОДА С НЕГЕРМЕТИЧНОСТЬЮ

Шлык Ю.К.[1], Ведерникова Ю.А.[1], Бондаренко С.Ю.[1]

[1)] Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия
E-mail: vedernikovaja@tyuiu.ru

ELECTRODYNAMIC MODELING OF A LINEAR PIPELINE SECTION WITH LEAKAGE

Shlyk Yu.K.[1], Vedernikova Yu.A.[1], Bondarenko S.Yu.[1]
[1)] Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

The problem of determining the moment of occurrence and linear coordinate of leakage of a pipeline linear section was solved by using the method of dynamic analogies in combination with the electric circuits theory methods. Amplitude-phase coordinate characteristics were obtained.

Задача оперативного определения момента возникновения негерметичности стенки трубопровода и её линейной координаты стоит в ряду важнейших проблем, связанных с эксплуатацией и техническим обслуживанием современных систем трубопроводного транспорта [1]. Главным образом это касается таких стратегически важных объектов, как газо– и нефтепроводы, водо– и продуктопроводы, причем как высокого, так и низкого давления.

Сопоставляя эффективность известных мероприятий по обнаружению негерметичности стенки трубопровода, можно сделать вывод о том, что акустический метод диагностики обладает целым рядом преимуществ:

- его использование не предполагает остановку процесса транспортировки среды по трубопроводу;
- он характеризуется наивысшим уровнем оперативности в плане приема информации о моменте возникновения “свища”, поскольку она передается к точке регистрации со скоростью звука в среде, заполняющей трубопровод [2];
- информация о возникновении негерметичности может передаваться и по стенке трубопровода в виде звуковых волн [3];
- данный метод не требует выполнения особых условий его применения. Фактически, речь идет об “акустической локации” шумов в трубопроводе.

Решение данной задачи может быть получено на путях использования метода динамических аналогий [4] в сочетании с математическим ресурсом теории электрических цепей.

Электродинамическое моделирование линейного участка трубопровода с негерметичностью позволяет представить его в виде каскадного соединения трех симметричных четырехполюсников (рис. 1).

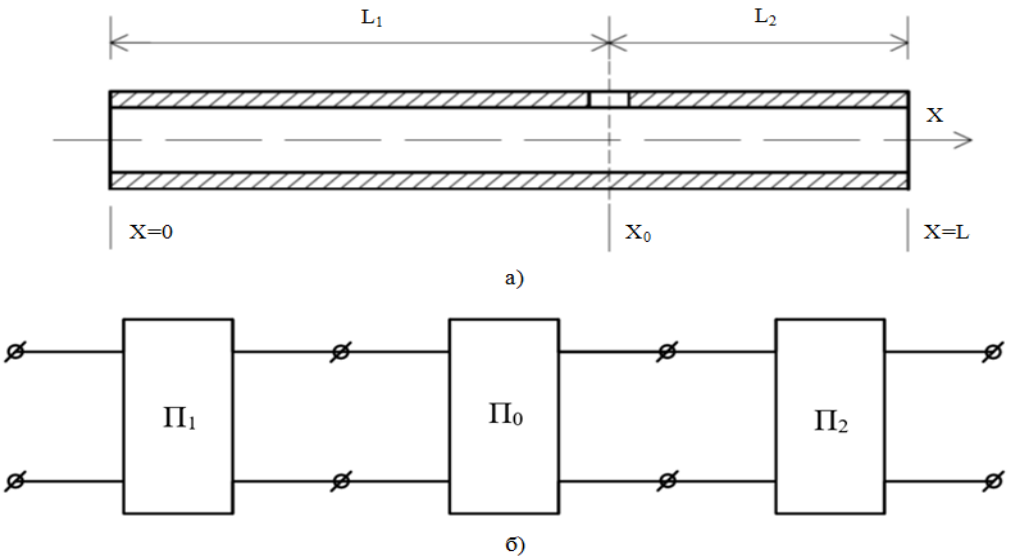


Рис. 1. а) Линейный участок магистрального трубопровода, где L – общая длина трубопровода; L1 и L2 – длины трубопровода до и после негерметичности; X0 – линейная координата негерметичности. б) Электрическая схема–аналог трубопровода с негерметичностью, где П1, П0, П2 – пассивные четырехполюсники.

Структура каждого четырехполюсника будет характеризоваться своей матрицей комплексных коэффициентов A, B, C и D.

По результатам экспериментальных исследований, выполненных на базе измерительного комплекса National Instruments Elvis II, были получены зависимости этих коэффициентов от числа звеньев цепных схем четырехполюсников П1 и П2, которое варьировалось от 1 до 9. Данные зависимости могут рассматриваться в качестве амплитудно-фазовой координатной характеристики (АФКХ) трубопровода, как объекта исследования [5].

Базовое отличие предложенных (АФКХ) от общеизвестных (АФЧХ) состоит в том, что последние строятся для неизменной структуры объекта путем изменения частоты ω, а (АФКХ) – наоборот.

Использование данных функций может лечь в основу создания эффективного метода диагностики состояния любой динамической системы.

1. А. И. Плаксин, Ю. К. Шлык, Известия вузов. Нефть и газ. Тюмень, изд–во ТюмГНГУ, 2, 61–64 (2011).

2. Способ диагностики трубопровода: Пат. 2241174 РФ: 7F 17D 5/05 / Ю.К. Шлык, И.А. Каменских. – Опубликовано 27.11.04, Бюл. №33.

3. Способ диагностики герметичности магистрального трубопровода: Пат. 2565112 РФ: 7F 17D 5/06 /А.И. Плаксин, Ю.К. Шлык. – Опубликовано 20.10.15, Бюл. №29.

4. Г. Ольсон, Динамические аналогии, М.: Издательство иностр. лит. (1947).

5. Ю. К. Шлык, Ю. А. Ведерникова, С. Ю. Бондаренко, Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности, 7, 20–24 (2019).

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ ИСХОДНОГО КОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ UML

Захарова Е.С.[1], Кузнецов М.А.[1], Евсегнеев О.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: zakharova_j@mail.ru

DEVELOPMENT OF METHODS OF AN AUTOMATED DOCUMENTATION PROCESS OF A SOURCE CODE USING UML

Zakharova E.S.[1], Kuznetsov M.A.[1], Evsegneev O.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The main task of the work is the automated creation of documentation in the UML language from the comments written in the source code of the project, and the automatic modification of the source code and comments when the finished documentation is being changed.

На сегодняшний день проекты в сфере информационных технологий становятся объемнее и сложнее. Они требуют постоянной поддержки. Исходный код проекта может постоянно изменяться с учетом внесения правок в техническое задание, связанных с пожеланиями заказчика либо по другим причинам. Например, если проект введен в эксплуатацию, а через некоторое время формулируются новые задачи, с помощью которых он может быть модернизирован и усовершенствован, то появится необходимость изменения кода. Внедрение в команду нового разработчика – довольно сложная задача без технической документации к проекту, так как на это будут уходить временные и человеческие ресурсы, связанные с освоением проделанной работы на данный момент и возможностью продолжить написание кода.

Все эти действия требуют знаний в уже существующем исходном коде либо их освоение. Как правило, существует техническая документация, описывающая все объекты, функции, классы и другие элементы кода. Изучив ее, разработчик может сократить время на понимание самого исходного кода. Документация должна быть информативной и актуальной, поэтому нуждается в постоянной поддержке. На это также тратятся ресурсы, но в меньшем количестве. Поэтому наличие технической документации экономически выгодно.

Документация генерируется из комментариев, написанных в исходном коде проекта. Она является отдельным документом.

Сейчас используются технологии автоматизированного документирования. Был проведен обзор среди существующих аналогов, а также выявлены проблемы.

На данный момент визуальное проектирование является наиболее эффективным. Наглядное представление информации сокращает время на ее обработку человеком. Авторами было принято решение взять за основу построения

документации с помощью языка UML [1]. В нем уже существуют специальные типы диаграмм для документирования исходного кода.

Главной задачей работы является автоматизированное создание документации на языке UML из комментариев, написанных в исходном коде проекта, с одной стороны, и автоматическое изменение исходного кода и комментариев к нему при внесении правок в готовой документации с другой. Таким образом, повышается эффективность сопровождения проекта.

Генератором документации была выбрана программа Imagix, так как в ней используется UML [2]. Выходной формат документации – HTML-страницы.

В ходе проделанной работы в готовой документации появилась возможность ее изменения в браузере:

- внесение и сохранение правок на странице документации влечет автоматическое изменение комментариев в исходном коде проекта;
- за добавлением и сохранением новых классов, функций, параметров, дополнительных комментариев на странице документации следует создание данных объектов в исходном коде автоматически;
- краткое описание объектов в документации возможно без перехода на другую страницу, а во вспомогательном окне на открытой странице.

1. The Unified Modeling Language [Электронный ресурс]. URL: https://www.uml-diagrams.org

2. UML Class Diagrams [Электронный ресурс] // Imagix. URL: https://www.imagix.com/appnotes/uml-class-diagrams.html

РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ КОНВЕРТАЦИИ ИСХОДНОГО КОДА DELPHI 7 В DELPHI XE

Захаров П.В.[1, 2], Лютов А.С.[2], Аверьянова А.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ИП Рак И.Г.
E-mail: ya.pahan101@yandex.ru

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF CONVERTING THE SOURCE CODE OF DELPHI 7 TO DELPHI XE

Zakharov P.V.[1, 2], Liutov A.S.[2], Averianova A.N.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] PE Rak I.G.

A new technique for converting the source code DELPHI 7 to DELPHI XE is proposed. The developed algorithm is able to convert the source files of the program in a way that they can be compiled on a newer version of the programming language.

На сегодняшний день существует множество крупных IT компаний, которые начали разработку своего программного продукта около 10-15 лет назад и использовали языки программирования и фреймворки тех лет. С течением времени многие из них устарели по ряду причин:

языки программирования развиваются: появляются новые функции и методы, в то время как программный продукт, написанный на старой версии языка, ограничен его возможностями;

найти специалистов, знающих специфику старых версий языков программирования, достаточно сложно, так как программисты учатся и развиваются в перспективных и актуальных направлениях.

Отсюда возникает необходимость перехода на новый язык программирования, либо на новую его версию. Был проведен литературный обзор и были рассмотрены различные варианты решения данной проблемы:

имеющиеся программисты начинают переписывать программный продукт заново на новом языке программирования или новой его версии, однако компания понесет потери так как, рабочая сила будет направлена на переписывание, а не на поддержку существующего продукта;

на работу принимаются новые программисты, которые переписывают приложение, но помимо проблемы найти достаточное количество таких программистов, возникает проблема увеличения затрат на зарплаты, а также необходимость уменьшить штат по окончанию работ;

переход на другой язык осуществляется автоматизированно, с применением методик, правил и алгоритмов для конвертации [1] в новый язык или его версию, в таком случае значительно сокращается ручной труд и время перехода.

Предлагаемый вариант решения данной проблемы - разработка программного продукта, способного на основе заданных алгоритмов сократить ручной труд при конвертации проекта с версии Delphi 7 на Delphi XE, тем самым значительно уменьшив время перехода и его трудозатратность.

1. М. Ю. Поленов, В. С. Лапшин, С. М. Гушанский, Известия Южного федерального университета. Технические науки, 6(191), 2017.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BIM-ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Завадский Д.И.[1], Ташлыков О.Л.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: danilezavadsky@gmail.com

OPTIMIZATION OF RADIATION PROTECTION OF STAFF USING BIM-DESIGNING

Zavadskii D.I.[1], Tashlykov O.L.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The perspective of using 3D BIM design of buildings for atomic engineering with aim of planning radiation hazardous work during exploitation, repair programms and decommissioning are shown. As an example considered the creation of the pressure compensation room model of the water-water reactor-210.

С целью дальнейшего повышения уровня радиационной защиты персонала, оптимизации индивидуальных доз облучения и количества облучаемых на АЭС лиц в АО «Концерн Росэнергоатом» была принята Программа оптимизации радиационной защиты персонала на АЭС, основными направлениями которой являются: совершенствование организации выполнения радиационно-опасных работ, улучшение радиационной обстановки на оборудовании и в помещениях АЭС, сокращение времени пребывания персонала в полях ионизирующего излучения, совершенствование приборного и методического обеспечения радиационного контроля.

Уменьшение времени пребывания персонала в радиационных полях может быть достигнуто тщательным планированием, эффективным управлением работами, тренировками по выполнению операций на макетах и компьютерных моделях оборудования и систем в чистой зоне, а также при использовании высокопроизводительного оборудования.

Цифровизация является одним из важнейших направлений развития современной атомной энергетики. Каждый элемент станции от болта до реактора

должен быть оцифрован. Процесс проектирования должен строится не только на создании 2D чертежей, но и на создании подробных 3D-моделей оборудования, помещений и сооружений. В свою очередь модель должна нести в себе не только визуальную составляющую, но и информационную.

Виртуальная модель атомной станции не только сокращает время строительства, но и позволяет эффективно планировать и проводить работы по ремонту и демонтажу оборудования, особенно радиоактивного [1].

В представленной работе рассматривается процесс создания трёхмерной BIM-модели (Building Information Model – информационная модель здания) на примере помещения системы компенсации давления энергоблока АЭС с реактором ВВЭР-210, выводимого из эксплуатации [2]. В процессе моделирования использовались программы AutoDesk Revit (для проектирования) и AutoDesk NavisWorks (для редактирования и обзора).

Использовались учебные версии программ, предназначенные только для некоммерческого использования.

На первом этапе были разработаны элементы строительных конструкций, модели оборудования и трубопроводов, выполнена их компоновка по помещениям. На втором этапе производилось размещение точек радиационного контроля, указание их координат и мощности дозы (рис. 1).

Виртуальные модели имеют значительный потенциал в формировании баз данных, включающих информацию не только по радиационным параметрам, но и по характеристикам систем, оборудования и строительных конструкций. Эта информация повышает эффективность планирования радиационно-опасных работ.

1. Д. И. Завадский, О. Л. Ташлыков, Инновации в атомной энергетике: сб. докладов конференции молодых специалистов, М.: Изд-во АО «НИКИЭТ», 844-850 (2019).

2. Д. И. Завадский, О. Л. Ташлыков, Ядерные технологии: от исследований к внедрению – 2019. Сборник материалов научно- практической конференции. Нижний Новгород, 44-45 (2019).

РАЗВИТИЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ТОРАКОСКОПИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ НА ЛЕГКИХ

Зеликсон С.В.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: isayevasonya98@gmail.com

DEVELOPMENT OF 3D MODELING OF THORACOSCOPIC OPERATIONS ON LUNGS

Zelikson S.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

According to official statistics in Russia, hundreds of thousands of cases of tuberculosis and lung cancer are reported each year. Computed tomography (CT) is the first examination for such patients. Next, to clarify the diagnosis, histology of a sample of pathological tissue is performed.

По данным официальной статистики в России, каждый год регистрируются сотни тысяч случаев выявления туберкулеза и рака легких. Компьютерная томография (КТ) является первым обследованием для таких пациентов. Далее для уточнения диагноза проводят гистологию образца патологической ткани. Для оказания помощи в подготовке к такого рода операциям был создан программный продукт, который может быть использован в торакальной хирургии на этапе диагностической оценки поражения легких.

Программа (тренажер) реализована в среде визуального программирования MeVisLab и позволяет рассчитать размеры 3D- модели, созданную по КТ снимку пациента, смоделировать «деформацию» легкого при прокалывании, что позволяет предсказать смещение опухоли.

Процесс работы программы состоит из нескольких шагов:

1. Загрузка хирургом первичных данных о пациенте (для построения трехмерного изображения);
2. Визуальный осмотр интересующей области с разных ракурсов
3. Расстановка врачом торакопортов так, чтобы они сошлись в опухоли и были оптимально расположены для проведения данной операции.

Программа так же измеряет глубину погружения торакопортов и углы между ними.

Специалист, работающий с программой, может изменять масштаб изображения, поворачивать изображение под разными углами, изменять яркость изображения и его прозрачность. С помощью этого, врач получает полное представление о зоне интереса, после чего принимает решение о тактике своих действий в предстоящей операции, опираясь на свой медицинский опыт и подсказки программы.

Тренажер откроет новые возможности врачам-хирургам в вопросах проведения торакоскопической операции. Может быть использован для повышения квалификации врачей.

1. А. Е. Борисова. Видеоэндоскопические вмешательства на органах живота, груди и забрюшинного пространства. СПб: Предприятие Эфа, «Янус», (2002).

2. Программный комплекс MeVisLab. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.mevislab.de

СЕКЦИЯ 7

БИОИНЖЕНЕРИЯ И БИОТЕХНОЛОГИИ

CHIMERIC ANIMALS

Abrego G.A.N.[1], Kanwugu O.N.[1], Ivantsova M.N.[1]

[1)] Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University
E-mail: a.abregav@gmail.com

This abstract presents the history of chimeric animals, its meaning in science, how are chimeric animals divided, its contribution to humans and the ethical concerns about this topic.

The concept of chimeras is part of antique mythologies (Greek, Egyptian) where they portray a human's body hybrid with different parts of other animals, considering it as a fabulous creature. This concept has helped to describe a different mixture of organisms that exists nowadays, where modern bioscience determinates chimeras as individuals made of cells from different organisms. Scientist describe chimera as an organism that has more than one set of parents and consists of cells from two zygotes. They can be classified as intraspecies or interspecies, depending on whether cell derivatives from two zygotes are from the same or different species.

Mammalian chimaeras generated from different species (interspecies chimaeras) have garnered attention among researchers, due to their potential for providing replacement of human organs. This is a medical need, especially for organ transplantation, for the severe organ shortage. Other advantages of chimera's researches in science are in vivo disease modelling, and in vivo drug. Choosing an organism in order to obtain successful results depends on specific characteristics, which necessitate the use of different type of technologies. There exist different technologies helping chimeras research such as pluripotent cells, blastocyst complementation, and xenogeneic organs.

Despite all the benefits humans stand to enjoy from chimeric animals, there still several controversies of its research and use. The issues around chimeras are ethical, legal and social, its four major concerns are animal welfare, sources of donor's cells, general public discomfort with chimeras and the humanization of the host species. The aim of this article is to understand the importance of chimeric animals, its production method and prospects.

1. R. Bourret, E. Martinez, F. Vialla, C. Giquel, A. Thonnat-Marin, J. De Vos. Stem cell research and therapy, 7(1), 87 (2016).

2. J. Wu, H.T. Greely, R. Jaenisch, H. Nakauchi, J. Rossant, and J.C.I. Belmonte. Nature, 540(7631), 51–59 (2016).

3. C. Arcabascio. CHIMERAS: DOUBLE THE DNA-DOUBLE THE FUN FOR CRIME SCENE INVESTIGATORS, PROSECUTORS, AND DEFENSE ATTORNEYS? Retrieved 7 December 2019, from https://www.uakron.edu/dotAsset/727954.pdf (2007).

4. S. Levyne, and L. Grabel. The contribution of human/non-human animal chimeras to stem cell research (p. 7). Retrieved from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1873506117301903 (2017).

A STUDY OF EASY MAGNETIZATION AXES OF FERRO-NANOPARTICLES ON MAGNETIC HYPERTHERMIA

Abu-Bakr A.F.[1], Zubarev A.Yu.[1]

[1)] Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University, Ekaterinburg, 620083, Russia
E-mail: alibakrm@yahoo.com

We interest to show the role of Neel relaxation magnetization and magnetization axes of particles in the present work. Theoretical study and the mathematical modeling are formulated on the basis of remagnetization dynamics (Debye equation) and the intensity of heat production (hyperthermia effect).

This work deals with theoretical study and mathematical modeling of the easy magnetization axes of particles on the one of biomedical applications [1,2] that called magnetic hyperthermia treatment. Magnetic hyperthermia is a new type of cancer treatment allowing to achieve selective heating of a tumor without damaging of the surrounding healthy tissues. The main idea of this method is in embedding of ferromagnetic nanoparticles in a tumor region and heating them with the help of alternating magnetic field. In the temperature corridor 42-50C the tumor cells undergo protein destruction, which leads to the cells death, whereas the cells of the healthy tissue, being more temperature resistant, are not injured. Magnetic hyperthermia is a way of tissue heating, by using thermal effect produced by embedded magnetic nanoparticles under the action of oscillating magnetic field.

There are two main mechanisms of heat production by a ferromagnetic particle placed in an alternating magnetic field. The first mechanism is due to the energy viscous dissipation at the particle rotation in a carrier medium. The second mechanism corresponds to Neel relaxation of the particle magnetic moment. Depending on the particle size and mechanical properties of the carrier medium, either the first or the second mechanism dominates (see, for example, [3]). We interest to show the role of Neel relaxation magnetization and magnetization axes of particles in the present work. The mathematical modeling is formulated on the basis of remagnetization dynamics (Debye equation) and the intensity of heat production (hyperthermia effect). The system occurs under external magnetic field. The obtained models can be solved analytically and numerically and compared with the previous studies. Analysis of results shows that the mechanism of Neel relaxation and easy magnetization axes of particles on magnetic hyperthermia. This fact should be taken into account at the organization of biomedical hyperthermia therapy.

1. Rosensweig R.E. J. Magn. Magn. Materials, 252, 370 (2002).
2. Abu-Bakr A.F., Zubarev A.Yu. J. Magn. Magn. Materials. 477, 404 (2019).
3. Goya G.F., Lima E., Torres T.E., Rossi L.M.. IEEE Trans. Mag. 44, 4444 (2008).

ТЕФЛОНОВЫЕ ЭПР ДЕТЕКТОРЫ

Агданцева Е.Н.[1], Цмокалюк А.Н.[1], Мильман И.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет
E-mail: e.n.agdantseva@urfu.ru

TEFLON EPR DETECTORS

Agdantseva E.N.[1], Tsmokalyuk A.N.[1], Milman I.I.[1]
[1)] Ural federal university

A series of experimental results was obtained showing the possibility of using the domestic EPR / PTFE dosimetry system for routine dose measurements. Also was investigate signal fading electron paramagnetic resonance (EPR) in PTFE detector.

ЭПР-дозиметрия применяется в мире для измерений доз ионизирующих излучений в диапазоне доз 1-200 кГр. Достоинствами метода является высокая точность (±4%), малый федингг, неразрушающее считывание информации. В мировой практике наибольшее распространение получили детекторы на основе аланина. Зарубежные детекторы становятся труднодоступными ввиду их высокой стоимости, в то время как их отечественные аналоги отсутствуют. Целью данной работы являлось поиск ЭПР чувствительных материалов пригодных для рутинных измерений с параметрами, приближающимися к аланиновым детекторам [1, 2].

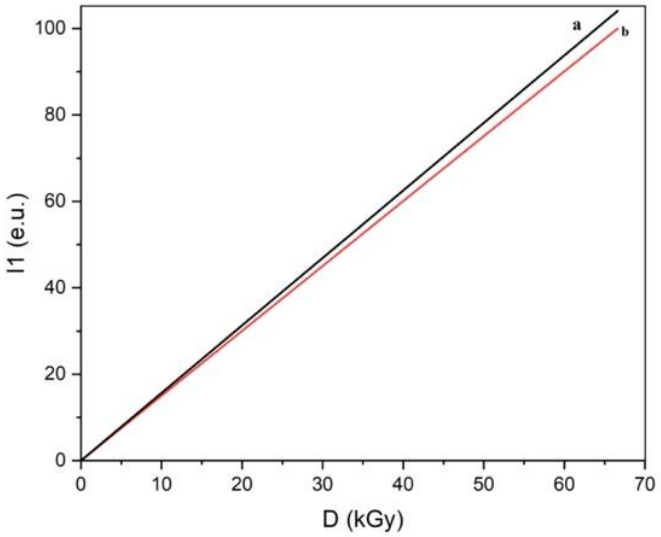


Рис. 1. Зависимости величины сигнала ЭПР от дозы ПТФЕ -детектора, сняты сразу после облучения (a) и через 9 месяцев после облучения (b).

В качестве объекта исследования в работе выбран политетрафторэтилен (ПТФЭ, (C2F4)n, тефлон-4). В предварительных исследованиях было обнаружено, что в образцах ПТФЭ образуются парамагнитные центры, регистрируемые в спектрах ЭПР. Первая группа исследуемых образцов имела цилиндрическую

форму высотой 1 см и диаметром 1,5 мм. Облучение образцов производилось на линейном ускорителе электронов 10МэВ и 0,5 МэВ. Измерения спектров PTFE детекторов проводились с помощью ESR спектрометра ELEXSYS E500.

На рисунке 1 представлены зависимости величины сигнала ЭПР от дозы ПТФЕ -детектора, сняты сразу после облучения (a) и через 9 месяцев после облучения (b).

Анализируя этот рисунок, можно сделать вывод, что за 9 месяцев величина ЭПР сигнала уменьшилась на 5%. Из этого следует, что ПТФЭ детектор сохраняет ЭПР сигнал в течение долгого времени.

1. Мильман И.И. и др.Физика. Технологии. Инновации (ФТИ-2019), 64-73 (2019).
2. Мильман И.И., Сюрдо А.И., Абашев Р.М., Цмокалюк А.Н., Берденев Н.Е., Агданцева Е.Н., и Попова М. А. Дефектоскопия 11, 52-58 (2019).

РАДИАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Аглетдинов М.Р.[1], Бажукова И.Н.[1], Бажуков С.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург 620000, Российская Федерация
E-mail: i.n.sedunova@urfu.ru

RADIATION PROCESSING OF CULTURAL HERITAGE OBJECTS WITH ORGANIC ORIGIN

Agletdinov M.R.[1], Bazhukova I.N.[1], Bazhukov S.I.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg 620000, Russian Federation

Physical and chemical properties of maltodextrin stabilized cerium dioxide nanoparticles were investigated by optical spectrometry. The ability of nanoparticles to mimic the enzyme catalase was also considered.

Сохранение культурного наследия представляет собой актуальную задачу для любой страны. Множество культурных артефактов состоят из органических материалов – дерева, кожи, пергамента, бумаги и текстиля. Наиболее важным химическим соединением, присутствующим в древесных, бумажных или текстильных волокнах, является полисахарид целлюлоза. Деградация природных органических материалов происходит в основном в результате разрушения данного структурного биополимера.

Основным фактором, обуславливающим биодеградацию культурных артефактов, является воздействие микроорганизмов (плесени и бактерий) и насекомых [1]. Объекты культурного наследия подвергаются воздействию микроорганизмов различными способами. Наиболее опасными являются деградации,

вызванные химическими реакциями с определенными продуктами метаболизма – ферментами, органическими кислотами и другими метаболитами. Кроме того, колонизация микроорганизмов может привести к тому, что любая пыль, присутствующая на поверхности, может превратиться в опасный абразивный элемент (например, в случае бумаги).

Дезинфекция объектов культурного наследия может быть произведена химическими или физическими методами. Одними из основных требований к метода являются существенное снижение жизнеспособности микроорганизмов и минимальные повреждения объекта исследований. На практике один из распространенных методов является дезинфекция в формалиновой камере, однако формалин является токсичным вещество и данный метод подходит не для всех органических материалов. Известен метод радиационной обработки материалов с целью снижения количества микроорганизмов. Однако, при воздействии ионизирующим излучением возможен разрыв молекулярной цепи целлюлозы, снижение степени ее полимеризации и, соответственно, снижение механических свойств материала. Таким образом, проблема дезинфекции объектов культурного наследия представляет собой актуальную задачу. Целью данной работы является исследование воздействия электронного пучка с энергией 10 МэВ в широком диапазоне доз с целью дезинфекции объектов культурного наследия.

В качестве объектов исследования была выбрана бумага класса В, картон и газетная бумага. Были исследованы образцы современной бумаги и искусственно состаренные образцы. Старение бумаги осуществляли в результате ускоренного термического воздействия в термостате. Облучение образцов проводили в ИВЦ Радиационной стерилизации (УрФУ) с использованием линейного ускорителя электронов УЭЛР-10-10С (Е=10 МэВ, I до 1 мА). Для контроля дозы облучения и ее распределения использовали дозиметры СОПД(Ф)-5/50. Облучение производилось в диапазоне доз 5-40 кГр. Для оценки дезинфекции определяли жизнеспособность микроорганизмов. Для этого проводили смыв с листов бумаги, подвергшейся облучению, с помощью стерильного ватного тампона, затем переносили материал в чашки Петри с питательной средой и помещали в термостат для выращивания колоний микроорганизмов. Для оценки влияния обработки бумаги пучком ускоренных электронов проводился микроскопический а

1. https://culture.wikireading.ru/75298

EVOLUTION OF INFLUENZA VACCINE

Almaadede A.L.S.[1], Bulya E.T.[1], Ivantsova M.N.[1]

[1)] Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
E-mail: abdullahlayth1@gmail.com

This study has been done about evolution of influenza vaccine which is considered on of the most important vaccines. This study lies behind the fact about the spread of this virus commonly, So, it's important to know about this virus, prevention ways and yearly vaccines.

People in the world are prone to lots of diseases everyday and anyway, to combat this dilemma vaccines (vaccine injections) were developed using the remains of the disease-causing microbes in order to counteract the activities which leads to weak immune system in the body of individuals the immune system is often stimulated to defend the body from external agents such as bacteria and viruses comes in contact with the body immune cells like lymphocytes reacts by creating antibodies from protein molecules that fights against invaders [1]. Vaccine was discovered by Edward Jenner. The purpose of vaccines is to produce immunity to the body. Influenza vaccines or flu shots are vaccines that are made to protect humans from influenza virus infection. The discovery of Influenza vaccine was first done by Jonas Salk and Thomas Francis. The new version of influenza vaccines is developed twice a year since the influenza virus changes rapidly. Hence, fluid containing virus was obtained from the egg. Whereas, for flu shots, influenza viruses for vaccine are rendered inactive while, antigen of the viruses are purified.

The purpose of this review is to elaborate the factors that lead to the evolution of vaccines, to examine the potentials of producing new vaccines and the effect of vaccines on humans. This paper will enlighten people on vaccine evolution and the benefits of Influenza vaccine.

1. Hwang Y. and Wook Chang M. Current Opinion in Biotechnology 62, 116–122 (2020).

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ ЛЕКАРСТВЕННОГО ПОКРЫТИЯ МЕДИЦИНСКИХ СТЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПВП С ВВЕДЕННЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Ан Е.Э.[1], Звонарева Д.А.[1], Запороцкова И.В.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет
E-mail: an19111997@gmail.com

INVESTIGATION OF MECHANISMS OF INTERACTION OF COMPONENTS OF DRUG COATING OF MEDICAL STENTS BASED ON PVP WITH INTRODUCED CARBON NANOTUBES

An E.E.[1], Zvonareva D.A.[1], Zaporotskova I.V.[1]
[1)] Volgograd State University

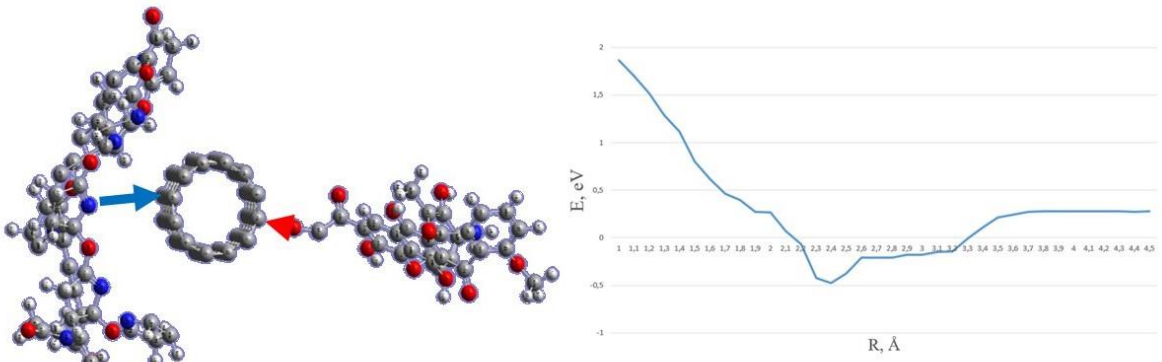
The results of theoretical calculations of the interaction process of the components of the drug coating of biliary stents-polyvinylpyrrolidone, carbon nanotubes, doxorubicin, performed using the quantum chemical method of MNDO. It is proved that such a complex is stable.

В качестве лекарственного покрытия для медицинских желчевыводящих стентов было предложен лекарственный комплекс на основе полимера поливинилпирролидона с лекарственным препаратом доксорубицином, допированном углеродными нанотрубками [1-3].

Для доказательства эффективности подобного комплекса и изучения механизмов процессов нами были выполнены расчеты процесса взаимодействия ПВП с компонентами покрытия с использованием квантово-химического метода MNDO [4]. Для расчетов использованы программные пакеты Gamesse, Gaussyan, GaussView. Были изучены процессы взаимодействия в сложном комплексе "поливинилпирролидон + углеродная нанотрубка + доксорубицин". Процесс моделировался пошаговым приближением фрагмента ПВП, состоящего из трех структурных единиц, к адсорбционному комплексу «УНТ + доксорубицин» (рис.1а). Энергия взаимодействия, или энергия адсорбции, рассчитывается по формуле:

$E_{адс}=E_{(ад.к)}-(E_{адсорбат}+E_{адсорбент})$

В результате выполненных расчетов была получена зависимость, представленная на рис.1б. Анализ кривой показал, что на ней присутствует минимум, соответствующий расстоянию 2,4 Å и энергии $E_{адс}=-0,48$ еВ , иллюстрирующий возникновение адсорбционного взаимодействия с образованием устойчивого комплекса "поливиниллпирролидон + углеродная нанотрубка + доксорубицин", являющегося основой лекарственного покрытия медицинских билиарных стентов.



а) б)

Рис. 1. а) модель оптимизированного комплекса "доксорубицин + УНТ + ПВП"; б) энергетическая кривая взаимодействия ПВП с комплексом "УНТ + доксорубицин", приводящего к образованию сложного комплекса.

1. Кедик С. А., Жаворонок Е.С., Седишев И.П. и др. Разработка и регистрация лекарственных средств №3, 18-35 (2013).

2. Елецкий А. В. Углеродные нанотрубки и их эмиссионные свойства, , УФН 172(4), 408 (2002).

3. Buehler V. Kollidon. Polyvinylpyrrolidone for Pharmaceutical Industry, BASF, Ludwigshafen, Germany, (1996).

4. Koch W. A., Holthausen M. // Weinheim: Wiley-VCH (2002).

ЗАДАЧА ПРЕСЛЕДОВАНИЯ ПРОСТЕЙШИХ ОРГАНИЗМОВ ДЛЯ СЛУЧАЯ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

Мелких А.В.[1], Анисимов А.Ф.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия.
E-mail: Dyhansky@mail.ru

THE PROBLEM OF THE PURSUIT OF SIMPLEST ORGANISM FOR THE CASE OF A CHEMICAL RECEPTION

Melkikh A.V.[1], Anisimov A.F.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia.

This article presents the results of research of the algorithm by which pursuit of one simplest organism by another can be described. The dependence of the accuracy of this algorithm on various parameters as well as the ways of its optimization are investigated.

Первые хищники возникли на ранних стадиях эволюции жизни на Земле. На этих стадиях организмы могли получить информацию друг о друге только с помощью рецепций химических сигналов (запаховых молекул). Такая рецепция информации накладывает ограничения на возможности преследования одного организма другим.

Рассмотрена следующая постановка задачи: «жертва» (преследуемый) может двигаться в пространстве с ограниченной скоростью и имеет всю информацию о «хищнике» (преследователе). При своем движении преследуемый испускает в окружающее пространство запаховые молекулы. Преследующий может судить о положении преследуемого только в результате рецепции этих молекул.

Распределение концентрации сигнального вещества в пространстве взято близкое к Гауссовскому. Сформулирован алгоритм движения преследователя:

1) преследующий измеряет концентрацию в месте своего нахождения с заданной относительной погрешностью,

2) совершается одиночный шаг по оси OX или OY (выбирается случайно), совершается измерение концентрации,

3) в результате сравнения концентрации в начальной и конечной точке делается вывод о том, в каком направлении она увеличивается, начинается движение в этом направлении шагами заданной длины,

4) после каждого шага совершается измерение погрешности. Движение происходит до тех пор, пока в точке N+1 концентрация не окажется меньше, чем в точке N,

5) совершается шаг в точку N, делается шаг перпендикулярно предыдущему направлению движения, сравнивается концентрация и выбирается направление движения подобно шагу 3,

6) цикл повторяется.

На основании результатов, полученных в серии опытов, было обнаружено, что сильнее всего увеличение погрешности концентрации сказывается на случаях с большим количеством шагов, из чего можно сделать вывод о том, что данный алгоритм обладает хорошей точностью для случаев с большим шагом. Также было установлено, что количество результатов с большим количеством (300) шагов меньше для случаев, в которых целое число шагов укладывается в расстояние до точки теоретического поворота.

Следующим шагом в исследовании этой функции может стать рассмотрение случая с полем неправильной формы, расчет среднего количества шагов для каждого случая, замена приближенной функции на нормальное распределение двух величин, оптимизация пути перемещения охотника путем перехода от ломанной с прямыми углами к ломанной с большими углами.

X-RAY IMAGE SEGMENTATION WITH THE USE OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS

Artemyev M.S. [1], Serazetdinov A.R. [2], Smirnov A.A. [1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia
E-mail: mihailartemev90647@gmail.com

Oncological diseases interpretation through CT imaging is a commonly used method of cancer issues diagnosis. Designed neural network reaches aggregations segmentation accuracy of about 90-93%, although some weak points still remain.

Breast cancer has been long concerned as one of the most significant counterparts of common cancer problem. This cancer reveals itself with heart tumors or aggregations. Recognition of malignant tumors in the early stages is rather beneficial as it could provide the patient with necessary medicine in due course to slow down and remedy the disease. The analysis is done in most of the cases through X-ray images processing due to the relatively low cost of the method and for some save reasons.

Although X-ray image processing is commonly done through expert diagnostics, the automation is still needed to increase effectiveness and reduce costs. This could be conducted through convolutional neural network use to distinguish the tumors.

The current state of cancer segmentation with state-of-the-art neural networks has already gained efficiency of about 97%. Although these figures are quite beneficial from the laboratory point of view, in practical cases the problem of bad image quality frequently arises. X-ray modules used in many facilities still lack of directly needed shape peculiarities, so the standard solutions trained on laboratory images are considered as impractical in some cases.

On the other hand, the amount of works being done on these topics is still growing, so systematization is required, and problem focusing is needed.

The review of commonly described and some distinct neural networks used for breast cancer recognition is presented, underlying key features of the solutions. Based on the results of the review, the network has been developed. The project addresses recognition with noisy image quality and small learning database.

МЕТОД МЕТА-АНАЛИЗА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИИ КАРДИОМИОЦИТОВ

Зарипов В. Р.[1], Аверченко М.А[1], Нестерова Т.М.[1, 2], Рокеах Р.О.[1], Заякин М.С.[1], Ушенин К.С.[1, 2]

[1)] Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт Иммунологии и Физиологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: konstantin.ushenin@urfu.ru

METHOD FOR META-ANALYSIS OF MATHEMATICAL MODELS OF ELECTROPHYSIOLOGY OF CARDIOMYOCYTES

Zaripov V.R.[1], Averchenko M.A[1], Nesterova T.M.[1, 2], Roqueah R.O.[1], Zayakin M.S.[1], Ushenin K.S.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Immunology and Physiology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

In our work, we propose a method of meta-analysis of cardiomyocyte models. The method can be applied in pairs to more models for automatic meta-analysis. The method allows you to find acceptable ranges of variation of model parameters that do not lead to conflicting results.

В течении последних 70 лет было предложено большое количество математических моделей электрофизиологии кардиомиоцитов. Включая модели кардиомиоцитов человека, основных лабораторных животных, кардиомиоцитов предсердий, желудочков, сино-атриального узла и проводящей системы Гиса-Пуркинье. Наиболее реалистичные математические модели могут содержать более 200 параметров. Существующие обзоры моделей в основном концентрируются на физиологических аспектах моделей, но до сих пор не предложено достаточно универсальных методов проведения автоматического мета-анализа моделей.

В нашей работе мы предлагаем метод мета-анализа моделей кардиомиоцитов. Метод основан на построении пространства параметров модели и выбора из него популяции моделей. После расчета всех моделей из популяции происходит применение методов снижения размерности к полученному набору данных. В конце происходит применение специального алгоритма, предлагаемого нами, который вдохновлен идеями DBSCAN метода кластеризации данных. Метод применяется к двум моделям, но может быть попарно применен к большему числу моделей для проведения автоматического мета-анализа. Метод позволяет находить допустимые диапазоны вариации параметров модели, которые не приводят к появлению противоречивых результатов. Помимо этого находятся такие варианты решения моделей, которые могут быть получены в определенных моделях, но не могут быть получены в других.

В представленном докладе будут представлены результаты применения метода к четырем моделям предсердных кардиомиоцитов (Maleckar09, Coutenmanch98, Ramirez, Nattel).

1. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9688927
2. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19186188

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИОКСИДА ЦЕРИЯ В СОСТАВЕ УФ-ФИЛЬТРОВ

Байнова В.К.[1], Бажукова И.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, Мира 19, Екатеринбург, Россия
E-mail: politova.vk@gmail.com

IMPLEMENTATION OF NANOCRYSTALLINE CERIUM DIOXIDE IN UV FILTERS PRODUCTION

Bainova V.K.[1], Bazhukova I.N.[1]

[1)] Ural Federal University, 19 Mira St., Yekaterinburg, Russian Federation

In this work, nanocrystalline cerium dioxide was considered as a promising candidate for use in sunscreens in order to improve their UV-shielding properties compared to the currently used titanium dioxide.

В данной работе был рассмотрен нанокристаллический диоксид церия как перспективный кандидат для использования в составе солнцезащитных кремов с целью улучшения их фотопротекторных свойств по сравнению с применяемым на данный момент диоксидом титана.

Наночастицы диоксида церия, исследуемые в данной работе, были синтезированы в соответствии с методикой, приведенной в работе [1]. В качестве стабилизатора при синтезе был использован нетоксичный биосовместимый мальтодекстрин, что делает возможным применение данных наночастиц в медицине и косметологии.

Преимуществом данного материала является способность эффективно поглощать УФ-излучение, прозрачность в видимой области спектра, а также желтоватый окрас, близкий к цвету кожи, при этом наночастицы диоксида церия (в отличие от других минеральных УФ-фильтров) защищают биологические объекты не только от прямого повреждения ультрафиолетовым излучением, но и от окислительного стресса, вызванного воздействием ультрафиолетового излучения [2].

Сравнение фотопротекторных свойств осуществлялось по методике, описанной в работе [3].

1. Баранчиков А.Е., Жолобак Н.М., Иванов В.К., Иванова О.С., Спивак Н.Я., Третьяков Ю.Д., Щербаков А.Б. Способ получения покрытого стабилизирующей оболочкой нанокристаллического диоксида церия. патент РФ №2484832, 2013.

2. Щербаков А.Б., Иванова О.С., Спивак Н.Я., Козик В.В., Иванов В.К. Синтез и биомедицинские применения нанодисперсного диоксида церия. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, (2016).

3. Zholobak N.M., Ivanov V.K., Shcherbakov A.B. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology 102, 32-38 (2011).

THE THYROID «ACTIVITY-DOSE RATE» CONVERSION FACTORS FOR RADIOIODINES IN CATTLE IRRADIATION

Basova M.A.[1], Medzhidov I.M.[1], Kozmin G.V.[1], Kurachenko Yu.A.[1]

[1)] Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russian Federation
E-mail: maribasova97@mail.ru

The conversion factors (to converse cattle thyroid activity to thyroid dose rate) for radioiodines 131-I, 132-I, 133-I, 135-I, which determine dose at early phase of radiation accidents are calculated. The calculations were made using a precise thyroid model and the MCNP radiation transport code.

One of the main hazards to humans and mammals in the first weeks after a nuclear accident are radioiodines, which are selectively absorbed by the thyroid gland (TG). There are two ways of radionuclides intake: inhalation and ingestion. It is generally accepted that the most dangerous radioiodine in fallout is 131-I as the most long-lived. In [1] we consider the problem of calculating the critical dose in the thyroid gland, leading to its rapid destruction in experimental feeding calves by 131-I. As a result of calculations, in particular, for 131-I the conversion coefficient “Bq - Gy/s” for calves and adult cows was obtained. In this regard, it is advisable to investigate other significant isotopes of iodine in a fallout, namely 132-I, 133-I, 135-I.

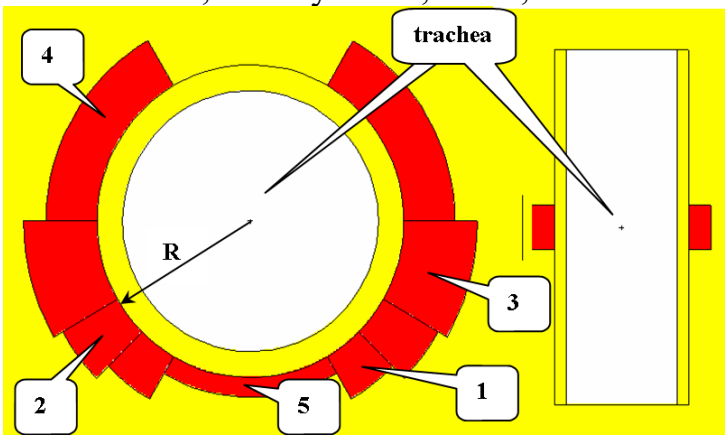


Fig. 1. Radial (left) and axial section of the TG computational model (not to scale; received by visualization of the MCNP5 [2] code input)

The cattle thyroid gland is modeled by a two-dimensional axisymmetric body composed of nine segments, which are obtained by axial and radial cylindric sections. These segments are symmetrically located on the trachea and have different outer diameter and height. The symmetric segments are joined in pairs to form four radiate bodies. The fifth source simulates the isthmus (Fig. 1). For cows R=2.4 cm, for calves R=1.4 cm.

Dimensions of cow's TG were taken from [2]: for cow with weight ~ 500 kg averaged values are 20.0 cm^3 and 20.6 g. The TG tissue with density ~ 1.03 g/cm^3, its elemental composition was taken from [3].

Radioiodine activity was distributed uniformly in volume of the thyroid gland. Precise calculations (Monte Carlo code MCNP5 [4]) were carried out for a) β-radiation transport in TG accompanied by production secondary radiation and its further transport taking into account all processes, including generation and transport of bremsstrahlung, Auger electrons, etc.; b) transport of 131-I inherent γ-radiation, taking into account generation and transport of x-ray and fluorescent radiations, etc. Energy dissipation was monitored up to 1 keV, integral (over energy) dose dispersion was 0.1 %.

The resulting conversion factors for adult cows, taking into account the work of both β- and γ-source, are as follows:

Conversion factor for 131-I - $2.34 \cdot 10^{-12}$ Gy/s per 1 Bq

Conversion factor for 132-I - $6.73 \cdot 10^{-12}$ Gy/s per 1 Bq

Conversion factor for 133-I - $4.35 \cdot 10^{-12}$ Gy/s per 1 Bq

Conversion factor for 135-I - $9.51 \cdot 10^{-12}$ Gy/s per 1 Bq

The dynamics of each radioiodine in the TG is not difficult to calculate using a compartmental model [1]. Through conversion factors, dose rate time dependences can be obtained, the integration of which will give an average dose in the TG.

1. Yu.A. Kurachenko, N.I. Sanzharova, G.V. Kozmin, V.A. Budarkov, E.N. Denisova, A.S. Snegirev.Medical Radiology and Radiation Safety 63(5), 48-54 (2018).

2. Z. Peksa, J. Trávníček, H. Dušová. Agrobiology, 28(1), 79–84 (2011).

3. Basic anatomical and physiological data for use in radiological protection: reference values. ICRP Publication 89. Ann. ICRP, 32(3-4), 1-277 (2002).

4. X-5 Monte Carlo Team. MCNP – A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5. Volume I: Overview and Theory. LA-UR-03-1987 (2003).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D ПЕЧАТИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ ФАНТОМОВ В МЕДИЦИНСКОЙ РАДИОЛОГИИ

Беляев Д.В.[1], Панкин В.В.[1], Вазиров Р.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: seporatist95@mail.ru

INVESTIGATION OF 3D PRINTING APPLICATIONS FOR PHANTOM MANUFACTURING FOR MEDICAL RADIOLOGY PURPOSES

Belyaev D.V. [1], Pankin V.V.[1], Vazirov R.A.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsi, Ekaterinburg, Russia

This work is aimed at studying the application of 3D printing technology for the production of phantoms that can be used for medical radiology for calibrating medical accelerators and modeling the kinetics of the distribution of radiopharmaceuticals.

Проблема изготовления фантомов для целей медицинской радиологии является очень распространенной. В качестве фантомов используют резервуары с водой и универсальные фантомы [1], но они не учитывают физиологические особенности людей. Это приводит к тому, что люди получают менее качественное лечение в области лучевой терапии, а также отсутствует возможность провести моделирование распределения радиофармпрепаратов для тераностики. Перспективным методом изготовления фантомов для повышения качества клинической дозиметрии является технология 3D печати [2].

Данная работа посвящена изучению применения технологии 3D печати для изготовления фантомов, используемых в медицинской радиологии.

Применение 3D печати для изготовления фантомов позволит обеспечить ряд преимуществ. Во – первых, персонализированный подход к каждому пациенту. Это позволит провести калибровку ускорительной техники и изучить распределения радиофармацевтических препаратов с учетом физиологических особенностей пациентов. Во – вторых, фантомы будут изготавливаться из тканеэквивалентных материалов [3], что является одним из важнейших преимуществ данного метода, потому что результаты дозиметрических измерений позволят сделать вывод, как будет происходить распределение радиофармацевтических препаратов и поглощенной дозы в организме человека. В – третьих, высокая скорость изготовления фантомов, что позволит быстро создать модель и провести необходимые исследования. Таким образом с помощью 3D печати возможно получить индивидуальный тканеэквивалентный фантом, который можно использовать для решения задач медицинской радиологии.

Полученные результаты исследования позволят сделать вывод о возможности создания фантомов с помощью 3D печати для различных областей медицинской радиологии, в частности для изучения распределения радиофармацевтических препаратов, калибровки измерительной аппаратуры и ускорительной техники.

1. Tino R., Yeo A., Leary M., Brandt M., and Kron T. Technology in cancer research & treatment 18 (2019).
2. Ehler E. D., Barney B. M., Higgins P. D., and Dusenbery K. E. Physics in Medicine & Biology 59(19), 5763 (2014).
3. Alssabbagh M., Tajuddin A. A., Manap M. B. A., and Zainon R. Int. J. Advanced and Applied Sciences, 4(9), 168-173 (2017).

EDIBLE VACCINES AGAINST HEPATITIS B

Bondareva P.S.[1], Okechukwu Q.N.[1], Ivantsova M.N. [1]

[1)] Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University
E-mail: p.bondarewa2015@yandex.ru

The infectious Hepatitis B is a disease caused by the hepatitis b virus, affecting mainly the liver. There are almost no drugs to treat this disease. This has led scientists to research on an effective and affordable vaccine against hepatitis B. They came up with an edible vaccine.

Vaccines are agents that stimulate the body's immune system to recognize the antigen. The main attention of scientists is now focused on the development of a new vaccine which can be edible against hepatitis B – a very common (according to some reports around the world, this virus affects almost half a billion people) and dangerous infection. This type of vaccine has the power to mask the side risk of conventional vaccines and is produced from plants that are genetically modified by incorporating transgene into the selected plant cell. The gene-encoding bacterial or viral disease-causing agent can be incorporated in plants without losing its immunogenic property. The main mechanism of action of edible vaccines is to activate the systemic and mucosal immune responses against a foreign disease-causing organism.

Scientists from the Pushchino laboratory of plant biotechnology together with the company Combiotech LTD have created transgenic tobacco, which produces a protein that mimics the hepatitis b virus. They believe that if such a harmless protein-blende is introduced into the human body, then an immunity against the Hepatitis B virus can be developed in the human body. Genetic surgery was applied to grow this transgenic tobacco. Tobacco leaves were cut into pieces and the necessary gene was embedded in their cells. A whole new plant was grown from these pieces that had the gene embedded in them in sterile conditions. It turned out that the resulting plant produces a protein that mimics the hepatitis b virus. Researchers are now trying to grow as much modified tobacco as possible to begin clinical trials.

In the U.S.A, scientists at Cornell University's Boyce Thompson Institute of plant science recently reported that mice fed raw transgenic potatoes with an antigen to the hepatitis b virus already produce the appropriate antibodies. The Japanese also created a vaccine against hepatitis B based on transgenic rice. This was recently reported by the project Manager Professor Jo Chiba from the Tokyo University of Sciences [1].

At present edible vaccines are developed for veterinary and human use. But the main challenge faced by an edible vaccine is its acceptance by the population. At one time, work in this direction was suspended due to the unfolding campaign to ban transgenic plants in many developed countries. There is also an economic obstacle due to the fact is that modern vaccines against hepatitis B, administered in the form of injections, bring an annual profit of about $1 billion. Therefore, manufacturers of such vaccines will strongly discourage the emergence of cheaper drugs on the market. When compared to other traditional vaccines, edible vaccines are cost-effective, efficient and safe. It is necessary to sensitize consumers on the use and benefits of this new vaccine. It promises a better preventive option from diseases [2].

1. Vrinda M. Kurup, Jaya Thomas. Molecular Biotechnology (2018).
2. https://utro.ru/articles/2001/08/16/30201.shtml. Date of issue 08.12.2019.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЧАСТОТЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КАЛЬЦИЕВЫХ СПАРКОВ В МИОКАРДЕ В НОРМЕ И ПРИ ПАТОЛОГИИ

Борисова В.А.[1], Мячина Т.А.[1, 2], Бутова К.А.[1, 2], Хохлова А.Д.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: valerya.hibino@yandex.ru

COMPARATIVE EVALUATION OF THE MYOCARDIUM CALCIUM SPARK FREQUENCY IN NORM AND PATHOLOGY

Borisova V.A.[1], Myachina T.A.[1, 2], Butova X.A.[1, 2], Khokhlova A.D.[1, 2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Immunology and Physiology, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Diastolic Ca^{2+} sparks (short-term increase in intracellular Ca^{2+} concentration) can lead to proarrhythmic activity. We suggested a new method to estimate Ca^{2+} sparks frequency in single cardiac cells from the atria and ventricles in norm and diabetes mellitus.

С развитием конфокальной микроскопии стало возможным детальное исследование кинетики ионов Ca^{2+} в миокарде как основного звена механо-электрического сопряжения и механо-электрических обратных связей в кардиомиоцитах – клетках, составляющих функциональную структуру сердечной ткани. Нарушение внутриклеточной регуляции ионов Ca^{2+} при патологических условиях зачастую проявляется в виде увеличения числа спарков – кратковременного повышения внутриклеточной концентрации Ca^{2+} в диастолу. В свою очередь, увеличение числа Ca^{2+} спарков может приводить к нарушению электрической функции сердца в виде аритмической активности [1].

Цель данной работы заключалась в оценке частоты возникновения Ca^{2+} спарков в одиночных кардиомиоцитах предсердий и желудочков в норме и при сердечной недостаточности, вызванной сахарным диабетом 1 и 2 типа.

Эксперименты проводились на взрослых крысах линии Wistar в соответствии с Директивой 2010/63/EU. Для развития диабета 1 и 2 типа применялись аллоксановая и стептозотоциновая модели, соответственно. Возникновение вызванной сахарным диабетом сердечной недостаточности подтверждалось измерением электрических и гемодинамических параметров работы сердца, а также изменением биохимических показателей крови. Одиночные клетки сердца были получены при помощи аппарата Лангендорфа, осуществляющего перфузию по ретроградному типу раствором, содержащим коллагенлитические ферменты, разрушающие межклеточный матрикс [2]. Далее сердце разделялось на отельные камеры,

каждая из которых подвергалось бережной механической дезагрегации для получения суспензии клеток.

Для регистрации динамических изменений внутриклеточной концентрации Ca^{2+} в суспензию кардиомиоцитов добавлялся Ca^{2+}-чувствительный буфер Fluo-8AM (возбуждение – 488 нм, эмиссия – 484-561 нм). Инкубация клеток с 2.5 мкМ Fluo-8AM осуществлялась при комнатной температуре и отсутствии освещения в течение 20 минут, после чего надосадочная жидкость заменялась на раствор Тирода с целью удаления излишек красителя, чтобы снизить светимость фона.

Для записи сигнала флуоресценции использовался лазерный сканирующий конфокальный микроскоп LSM-710 (Carl Zeiss). Предварительно производилась оценка жизнеспособности клетки по её сократительной активности в условиях внешней электрической стимуляции. Далее на поверхности миоцита выбирался узкий продольный регион, после чего сразу после отключения стимуляции осуществлялось сканирование в линейном режиме в течение 90 с. Полученные изображения анализировались в программе ImageJ с помощью макроса Sparkmaster [3].

Было выявлено, что у крыс с сердечной недостаточностью число спарков на кардиомиоцит было выше, чем у здоровых животных, что может быть связано с дисфункцией специализированных рианодиновых каналов. Также наблюдалась тенденция увеличения числа спонтанных «утечек» Ca2+ в клетках предсердий по сравнению с желудочковыми миоцитами в условиях сахарного диабета.

Работа поддержана РНФ № 18-74-10059.

1. Eisner D. A., Caldwell J. L., Kistamás K., Trafford A. W. Circulation research, 121(2), 181-195 (2017).

2. Myachina T. A., Butova X. A., Khohlova A. D. AIP Conference Proceedings, 2174, 020140 (2019).

3. Picht E., Zima A. V., Blatter L. A., Bers, D. M. American Journal of Physiology-Cell Physiology, 293(3), C1073-C1081 (2007).

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ НЕОДНОРОДНОСТИ СОКРАТИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ МИОКАРДА ПРЕДСЕРДИЙ И ЖЕЛУДОЧКОВ

Бутова К.А.[1, 2], Мячина Т.А.[1, 2], Хохлова А.Д.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: x.butova@gmail.com

THE DESIGN OF THE METHOD FOR EVALUATING HETEROGENEITY IN CONTRACTILE FUNCTION OF ATRIA AND VENTRICLES

Butova X.A.[1, 2], Myachina T.A.[1, 2], Khokhlova A.D.[1, 2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute Immunology and Physiology, Russian Academy of Science, Yekaterinburg, Russia

The methods to estimate the parameters of contractile activity of the heart chambers are limited. In this study we designed a new method for evaluating heterogeneity in function of single cardiomyocytes taking together measurements of length, calcium transient, action potential and t-tubule density.

Нормальная насосная функция сердца обеспечивается неоднородностью электрофизиологической и механической функции на уровнях организации, что приводит к пространственно-временной координации отдельных сократительных элементов сердечной ткани [1]. Исследования на одиночных кардиомиоцитах, изолированных из различных регионов сердца, позволяют выявить молекулярно-клеточные механизмы функциональной неоднородности миокарда. Однако на сегодняшний день существует ограниченное число методов оценки неоднородности параметров сократительной активности камер сердца.

Цель данной работы заключалась в разработке метода оценки региональной неоднородности механической функции между отделами сердца (левый и правый желудочек, межжелудочковая перегородка, левое и правое предсердие) на уровне одиночных кардиомиоцитов.

Эксперименты проводились на взрослых крысах линии Wistar в соответствии с положениями, изложенными в Директиве 2010/63/EU. Изоляция одиночных кардиомиоцитов выполнялась при помощи метода перфузии сердца по Лангендорфу с авторскими модификациями [2].

В качестве критериев оценки были выбраны параметры изменения длины саркомеров (элементарных структурно-функциональных единиц кардиомиоцитов), скорости и времени сокращения и расслабления в ненагруженных укорочениях. Также анализировалось динамическое изменение внутриклеточной

концентрации ионов Ca2+, как основного звена электромеханического сопряжения, а также равномерность распределения t-тубул в качестве узлов электромеханического сопряжения.

Амплитудные и временные характеристики сокращения саркомеров регистрировали по изменению профиля интенсивности изображения выбранной области при помощи системы лазерной сканирующей конфокальной микроскопии (Carl Zeiss, LSM 710). Средняя длина саркомера рассчитывалась методом дискретного преобразования Фурье с использованием ПО EqapAll6.

Для одновременной регистрации изменения внутриклеточного Ca2+ использовался флюорофор Fluo-8AM (возбуждение – 488 нм, эмиссия – 484–561 нм). Для визуализации плотности распределения t-тубул применялся потенциал-чувствительный флюоресцентный краситель di-8-ANNEPS (возбуждение – 488 нм, регистрация – 564–700 нм).

Параметры записывались с узкого региона клетки (2–3 пикселя высотой) для оценки различий саркомерной динамики и внутриклеточной концентрации ионов Ca2+ в центре и на периферии отдельного кардиомиоцита, а также в различных регионах кардиомиоцита в зависимости от плотности распределения t-тубул. Статическая визуализация t-тубулярной сети выполнялось в ходе полноразмерного сканирования клетки в высоком разрешении.

Представленный в метод позволяет полноценно оценить функциональную неоднородность клеток, изолированных из различных отделов сердца. Кроме того, данный метод может быть применён для оценки изменения степени неоднородности функции различных камер миокарда в патологических условиях.

Работа выполнена в рамках госзадания ИИФ УрО РАН (тема № АААА-А19-119070190064-4) и поддержана грантом Президента РФ №-949.2019.9.

1. Solovyova O., Katsnelson L. B., Kohl P., Panfilov A. V., Tsaturyan A. K., Tsyvian P. B. Progress in biophysics and molecular biology, 120(1-3), 249–254 (2016).

2. Myachina T. A., Butova X. A., Khohlova A. D. AIP Conference Proceedings, 2174, 020140 (2019).

АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ ПОКРЫТИЙ ИЗ УГЛЕРОДА И СЕРЕБРА

Чуманова А.А.[1], Вазиров Р.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: chumanova.an@gmail.com

ANTIBACTERIAL EFFECT OF CARBON AND SILVER COATINGS

Chumanova A.A.[1], Vazirov R.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The antibacterial effect of carbon and silver coatings was studied. There were used coatings of different thickness. The final results confirmed the antibacterial effect of these coatings and the most effective one was sample with 1500 thickness.

При различных вмешательствах в организм, в том числе при установке имплантов, катетеров, существует риск появления бактериальных инфекций ввиду размножения патогенных микроорганизмов в месте имплантации. В результате возникают осложнения, отторжение имплантов [1]. Единственным доступным способом лечения является его извлечение [2].

Данная проблема кроме медицинских вопросов имеет финансовую составляющую: у пациента возрастают затраты на восстановление, медицинское учреждение несет материальные затраты на замену имплантов по гарантии, предприятие-производитель несет репутационные потери [3]. В связи с этим вопрос снижения риска появления бактериальных инфекций в месте имплантации, а также улучшения приживаемости импланта актуален для всех участников процесса.

Перспективным методом решения данной проблемы является нанесение специальных антибактериальных покрытий на устанавливаемые импланты, которые будут препятствовать размножению микроорганизмов и сохранять свои свойства в течение длительного времени. Например, покрытия на основе серебра, обладающие противомикробными свойствами, низкой токсичностью, отсутствием аллергенности.

В данной работе исследована эффективность антибактериальных свойств покрытий из углерода и серебра различной толщины (2800, 1500, 500), нанесенных на подложку из стекла импульсным ионно-плазменным методом. В качестве микроорганизмов были использованы винные дрожжи в питательной среде. Произведена количественная оценка контаминации образцов с помощью камеры Горяева и оптического микроскопа на первые, вторые сутки. Построены графики зависимости количества живых клеток от времени в разных образцах.

Полученные результаты отражают резкое снижение количества живых микроорганизмов в течение первых суток. Следовательно изучаемые покрытия не являются благоприятной средой для размножения и могут иметь некоторый

антибактериальный эффект. Наиболее выраженная разница контаминации с контрольным образцом отмечена у образца с покрытием толщиной 1500.

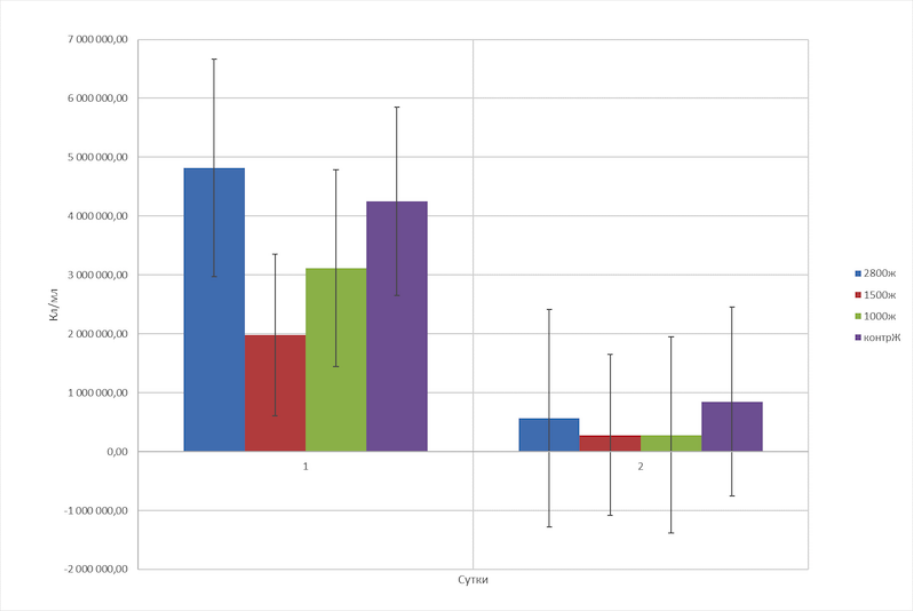


Рис. 1. Зависимость числа живых клеток от времени.

1. Д. В. Тапальский, В. А. Осипов, Г. Н. Сухая, М. А. Ярмоленко, А. А. Рогачев, А. В. Рогачев. Проблемы здоровья и экологии №2, 36 (2013).
2. C. Von eiff et al. Drugs 65, 179–214 (2005).
3. С.Н. Андреева, В.А. Фетисов. Journal of Siberian Medical Sciences №2 (2019).
4. О.В. Мосин, И. Игнатов. Биотехносфера №5-6, 23-24 (2012).

EFFECT OF SEED SURFACE STERILIZATION METHOD IN ENDOPHYTIC BACTERIA FROM VARIOUS PLANTS (BLACK TURTLE BEANS, PEAS, AND BARLEY)

Darkazanli M.[1], Kiseleva I.[1]

[1)] Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
E-mail: mdarkazanli@urfu.ru

The aim of this study was to isolate the endophytic bacteria from Phaseolus vulgaris, Pisum sativum, and Hordeum vulgare by using Ethanol, sodium hypochlorite, and mercuric chloride at various concentrations and duration.

The term endophyte means “inside-plants” and was first coined by De Bary in 1866, Endophytes are playing an important role to host plants by producing secondary metabolites and some natural products which can improve the plant growth, also induce resistance to herbivorous, drought, parasitism, fixing the nitrogen and solubilizing the phosphate.

The main objectives of our study are comparing different sterilization agents {ethanol (E), sodium hypochlorite(S), and mercuric chloride(M)} at various concentrations with a different period in different plants leaves {black turtle beans (Phaseolus vulgaris), Peas (Pisum sativum), and Barley (Hordeum vulgare)}.

Plants seeds (black turtle beans, Peas, and Barley) were provided by Ural Federal University.

To check the efficiency of sterilizing agents and survival percentage of treated leaves plants, we compared the chemical agents individually, and the different combination for a specific time. Our results showed that the explants were found contaminated with a high percentage when we used the sterilization agents individually. For the surface sterilization and the percentage survival of leaves after treatment by the sterilization agents of P. vulgaris, 70% ethanol, 2% sodium hypochlorite and 0.2% mercuric chloride were found effective (Fig. 1).

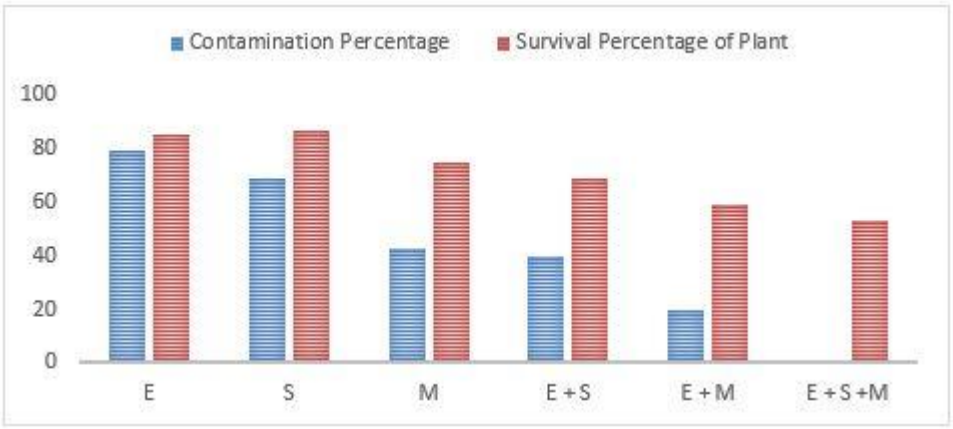


Fig. 1. The optimum condition for the surface sterilization of Phaseolus vulgaris.

But using those combinations for P. sativum, the plant has died, and they damaged the leaves. Therefore, 70% ethanol and 0.2% mercuric chloride were more suitable because they were increased the survival percentage of the plant. The results for the surface sterilization of H. Vulgare showed that 70% ethanol and 2% sodium hypochlorite were the best combination.

To consider that surface sterilization is complete, and isolating bacteria are endophytic, they must be no bacterial colony in the control samples. So, we checked the sterility, by culturing aliquots of water from the last rinsing onto nutrient media and imprinting the surface-sterilized plant tissue onto nutrient media. The results under optimal conditions showed no microbial growth on the media for all samples.

We have been used Nutrient agar for the isolation of endophytic bacteria. About twenty-one pure endophytic bacterial colonies were isolated from our three plants. We have selected thirteen isolates from the total isolates for further investigation.

The results showed, using the treatments by the sterilizing agents individually did not give the efficiency to reduce the contamination percentage, but in other cases using the different combinations of sterilizing agents' success to reduce the contamination.

And also, we can consider our study can be used as a protocol to sterilize the surfaces leaves from the black turtle beans, peas, and barley.

1. Eevers N., Gielen M., Sanchez-Lopez A., Jaspers S., White J.C., Vangronsveld J., and Weyens N., Microb Biotechnol. 8(4), 707–715 (2015).
2. Ryan R., Germaine K., Franks A., Ryan D., and Dowling D. FEMS Microbiology Letters,278(1), 1–9 (2008).

RADIOACTIVE PARTICLES TRANSPORT AND ABSORBED DOSES DISTRIBUTION IN THE RATS' GASTROINTESTINAL TRACT

Denisova E.N.[1], Snegirev A.S.[1], Kurachenko Yu.A.[1], Kozmin G.V.[1]

[1)] Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russia
E-mail: ellaizaden@mail.ru

The compartmental model of hot particles transfer was applied to estimate time-dependent activity in rat's stomach. Dose rates in stomach and intestines were evaluated by two calculation techniques: a) traditional, using simple semiempirical model; b) more precise one, based on RADAR rat phantom.

The radioactive ("hot") particles (HP) production can occur in different nuclear accidents [1]. To date, a large amount of scientific data on radiation exposure of humans and other mammals has been accumulated, but information on radiative effect on the gastrointestinal tract (GIT) by HP is not enough.

The aim of the study was to simulate the HP transfer in the gastrointestinal tract (GIT) of laboratory rodents (namely, rats) and estimate doses of internal irradiation. It should be noted that monogastric rodents are widespread in nature and can be used as reference organisms to evaluate the radiative effect on the environment. Besides, their GIT is morphologically similar to the human one [2].

To study the HP radiative effect on laboratory rodents, the rats of Wistar breed weighing from 200 to 300 g were used. In the experiments the silicate fused radioactive particles gage 80-160 μm got by "uranium", "three-component" and "rhenium" models were used because their radiation characteristics are similar to ones of instantaneous fission products of 10-15 hours age [3]. At the time of the HP intake in animals, the HP specific activity ranged from 3.7 to 7.4 GBk/g (100-200 MCi/g). Figure 1 shows the experimental data on time-depended radiation for all kind of HP.

The one-compartmental model of HP transfer was applied to estimate time-dependent activity in rat's stomach. Then, dose rates in stomach and intestines were evaluated by two calculation techniques:

a) traditional, using simple semiempirical model;

b) more precise one, based on RADAR rat phantom [4].

Dose rates and accumulated doses were received in 1) source localization, i.e. fundus ventriculi; 2) small intestine; 3) thick intestine. In General, the best consistency of

accurate and semi-empirical results is achieved at the source localization point. On the periphery, as you would expect, the discrepancy of results is greater. Here doses are many times less.

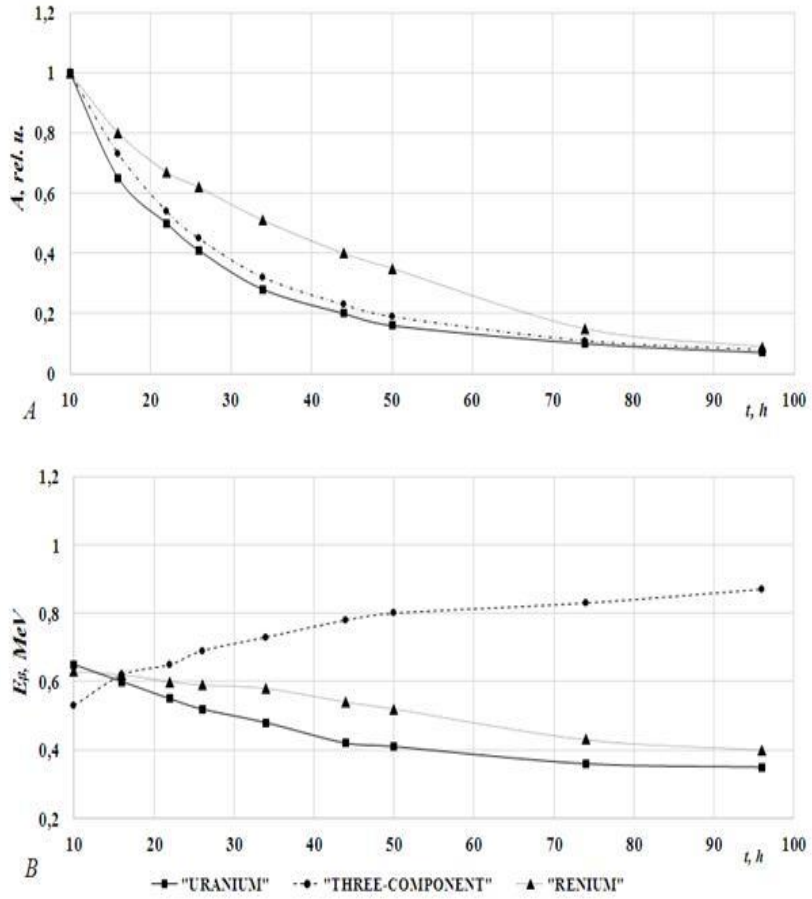


Fig. 1. Experimental source activity and β-radiation average energy for three particles models.

The reported study was funded by RFBR, project number 19-316-90014.

1. Radioactive particles in the Environment: Sources, Particle Characterization and Analytical Techniques. IAEA-TECDOC-1663. IAEA. Vienna. (2011).

2. E.V. Petrenko. Journal of Applied and Basic Research, 3(2), 255-258 (2016) (in Russian).

3. G.V. Kozmin, V.G. Epimakhov, A.S. Snegirev, N.I. Sanzharova, V.A. Budarkov, Radiat. Biology. Radioecology 58(3), 305-316 (2018) (In Russian).

4. RADAR - Available Phantoms. Available at: https://www.doseinfo-radar.com/RADARphan.html (accessed 7 February 2019)

РЕСТАВРАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СТОМАТОЛОГИИ

Девятерикова Т.С.[1], Ивашов А.С.[2], Зайцев Д.В.[1, 3]

[1)] Уральский Федеральный Университет
[2)] Уральский государственный медицинский университет
[3)] Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН
E-mail: devyaterikova1999@gmail.com

RESTORATION MATERIALS IN DENTISTRY

Devyaterikova T.S.[1], Ivashov A.S.[2], Zaitsev D.V.[1, 3]

[1)] Ural Federal University
[2)] Ural State Medical University
[3)] Institute of High Temperature Electrochemistry, Ural Branch of RAS

The paper compares the mechanical properties. restoration materials for dentistry with dentin properties of human teeth. Two groups of materials were selected as model materials: filled polymers and hybrid composite ceramic materials.

При частичной потери коронковой части зуба человека, его, как правило, восстанавливают при помощи стоматологических материалов на основе наполненных полимеров, тогда как при повреждении всей коронковой части зуба, для восстановления применяют гибридные композиционные-керамические CAD/CAM материалы. Целью данной работы было сравнение механических свойств полимерных и керамических стоматологических материалов с свойствами дентина зубов человека при сжатии и трехточечном изгибе. В наполненных полимерах (SDR, Filtek P60, Filtek Ultimate Flowable, Filtek Ultimate) в полимерную матрицу помещается твердый наполнитель. По количеству наполнителя эти материалы разделяют на высоко (50%) и мало (50%) наполненные. В работе показано, что объем загрузки наполнителя ~ 60% полимерной матрицы является оптимальным для достижения модуль Юнга, который похож на дентин человека. Тем не менее, невозможно достичь необходимой пластичности при сжатии (~ 5%) путем изменения размера частиц наполнителя при таком объеме наполнителя. Сравнение механических свойств гибридных композиционно-керамические материалов для CAD/CAM реставраций Vita Enamic и Lava Ultimate со свойствами твердых тканей интактных зубов человека при одноосном сжатии и трехточечном изгибе показало, что их можно характеризовать как хрупкие твердые тела, которые способны к высокой упругой деформации, однако они не способны к пластической деформации, как дентин. Прочность материалов при сжатии и изгибе выше, чем у дентина. Модуль Юнга у Vita Enamic является более высоким (практически в 2 раза) материалом по сравнению с Lava Ultimate. Показано, что Lava Ultimate по своим свойствам ближе к дентину, а Vita Enamic по модулю Юнга ближе к эмали зубов человека.

Работа выполнена при поддержке РФФИ №18-38-20097.

РАЗРАБОТКА БЕЗАЛКОГОЛЬНОГО НАПИТКА ДЛЯ ЛЮДЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА СУБАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Дигтяренко Л.А.[1], Белина С.А.[1]

[1)] Тюменский индустриальный университет, Тюмень, 625000, Российская Федерация
E-mail: lida-digtyarenko@mail.ru

THE DEVELOPMENT OF NON-ALCOHOLIC BEVERAGE FOR PEOPLE LIVING IN SUBARCTIC TERRITORIES

Digtyarenko L.A.[1], Belina S.A.[1]

[1)] Tyumen industrial University, Tyumen, 625000, Russian Federation

The article presents the development of a soft drink designed to improve the functioning of the immune system.

Питание людей, проживающих на территории ЯНАО, характеризуется снижением употребления в пищу фруктов и овощей. Все это ведет к дефициту нутриентов, что сопровождается снижением защитных сил всего организма к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды.

Дикорастущее растительное сырье представляет большую ценность благодаря специфичным сочетаниям биологически активных веществ [1].

За основу напитка взят брусничный сок. В качестве функциональных ингредиентов (ФИ): ягоды малины и смородины, плоды шиповника и листья мелиссы.

Брусника способствует борьбе с инфекциями. Мелисса обладает иммуномодулирующим свойством. Малина способствует выведение из организма токсинов, радионуклидов. Шиповник тонизирует иммунную систему. Смородина благотворно воздействует на метаболизм, укрепляет кишечник и желудок [2-4].

После тщательного подбора и изучения ингредиентов, был рассчитан химический состав разработанного напитка [5].

Было установлено, что в ингредиентах премикса содержание витаминов А и С: в брусничном соке (150 мл) - 6,6 мкг и 12,5 мг, экстракте ягод малины (10 мл) – 3,3 мкг и 2,5 мг, экстракте мелиссы (10 мл) – 0,2 мкг и 1,3 мг, экстракте плодов шиповника (20 мл) – 234 мкг и 130 мг, экстракте ягод смородины (10 мл) – 30 мкг и 20 мг.

Основываясь на теоретических исследованиях химического состава напитка, можно сделать вывод, что он являться функциональным, так как содержание витамина А – 43,4%, витамина С – 55,4%, что превышает 15% от суточной нормы потребления.

На основании исследовательской работы был сделан вывод, что данный специализированный напиток обладает иммуномодулирующими свойствами, благодаря наличию витамина А и витамина С.

1. Х.К. Гаделева, Функциональные продукты питания. Учебное пособие / Х.К. Гаделева. - М.: КноРус, 2016. - 627 с.
2. Брусника: полезные свойства [Электронный ресурс]. - URL: https://antonovsad.ru/brusnika-poleznye-svoystva-i-prostye-recepty-dlya-zdorovya-3047/
3. Польза мелиссы. Химический состав мелиссы. [Электронный ресурс]. - URL: https://g.janecraft.net/poleznye-svojstva-melissy-ximicheskij-sostav-melissy/
4. Малина: польза и вред для здоровья организма. [Электронный ресурс]. - URL: https://polzavred-edi.ru/malina-polza-i-vred-dlja-zdorovja-organizma/
5. И. М. Скурихин, В.А. Тутельян Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002. –236 с.

SEARCH FOR SIGNIFICANT PARAMETERS OF HEART RATE VARIABILITY FOR ASSESSING ATHLETES FITNESS

Dolganov A.Yu.[1], Osadchikova L.S.[1]

[1)] Ural Federal University
E-mail: anton.dolganov@urfu.ru

The work conducted a search for the relationship between the parameters of heart rate variability and athletic performance. It is shown that among 64 parameters for different groups of athletes, one can distinguish those parameters that statistically significantly change during the training process.

The collection of information in sports most often pursues either a research goal, or the goal of rationalizing and optimizing pedagogical, psychophysical, biomedical control or increasing the effectiveness of training exposure. In the practice of sports schools, equipment can rarely be used to test the coordination and psychomotor abilities of athletes. At the same time, the importance of controlling readiness for coordination in situational, game, and extreme sports has been noted by many researchers.

An urgent task is to study the possibilities of assessing the current level of fitness during training. This work shows the initial stage of the study of the possibility of assessing the current level of fitness during training in a sports school. The purpose of this study is to search for the relationships between heart rate variability parameters and athletes' fitness indicators.

In the course of this work, studies were carried out with the participation of two groups of volunteer test subjects from the School of the Olympic Reserve, the women's volleyball team and the men's martial arts team. Research time period October 2018 - April 2019 A total of 76 studies were conducted. 120 signals were used for processing: 60 signals in the state of functional rest and 60 signals when using the “Target” load test.

When conducting research in this work, a computer stabilizer with biological feedback “Stabilan-01-2” was used. The “Target” functional load was used in which the

test subject on the platform fully controls the pressure center and seeks to hold it at a certain point [1].

In the work, 64 parameters of heart rate variability (HRV) signals were used, including statistical parameters, geometric parameters, spectral parameters, as well as a set of the most significant nonlinear parameters [2]. A search was made for such HRV parameters that statistically significantly change at the beginning of the school year and at the end.

It is shown that among 64 parameters of HRV for different groups of athletes, various parameters can be distinguished that statistically significantly change during the training process (p-value less than 0.05). At the same time, it is worth noting that the parameters for athletes from the Group of Fighters and the Group of Volleyball players are different. Such, for the Target stage, Wrestlers are statistically significant parameters associated with the Low-frequency component of HRV, and for Volleyball players are statistically significant parameters associated with the Very Low-frequency component of HRV.

1. Kublanov, V. S., Yamaliev, D. R., Dolganov, A. Y. Goncharova, E. A. Proceedings 2017 Siberian Symposium on Data Science and Engineering, SSDSE 2017, 49-54 (2017).
2. Kublanov, V. S., Dolganov, A. Y. Applied Soft Computing Journal 77, 329-343 (2019).

BENEFITS AND LIMITATIONS OF USING BIOPESTICIDES

Essiedu J.A.[1], Adepoju F.O. [1], Ivantsova M.N.[1]

[1)] Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University
E-mail: asiedujustice@gmail.com

Agriculture entails the cultivation of plants and animals for food, biofuel, and different products for human wellbeing. Principally, plant protection, interference, and wipe-out against disease strategies use pesticides with the majority being synthesized from a chemical.

Pesticides are substances aimed at preventing and controlling pests including vectors of human or animal diseases, unacceptable species of plants and animals affecting the production, processing, and storage of agricultural products. Pesticides can be classified into two major groups based on their synthesis: Chemical pesticides and biological pesticides (biopesticides) [1].

Chemical pesticides are usually synthesized from chemical components with the purpose of regulating the growth of plants, controlling and protecting crops from plant disease, rodents, and insects by killing plant pathogens and weeds. The application of chemical pesticides on plants has generated several negative effects on human health such as acute toxicity, development of Parkinson's diseases, as well as environmental challenges including decreasing soil diversity and pollution. Due to the dangerous effects of utilizing chemical pesticides, an effective and eco-friendly method is required

to provide the plant with protection against plant pathogens which led to the development of a technology with better biological management commonly referred to as biopesticides.

Biopesticides are pesticides produced from living organisms such as plants, animals, and microorganisms (viruses, bacteria, and fungi) to control and provide crops with protection against dangerous plant-damaging pathogens through their non-toxic, eco-friendly mechanism of actions. These pesticides are classified into three major groups: biochemical, microbial pesticides, and plant-incorporated protectants. Biopesticides are effective even in low quantities and have no residual effects, which is a major concern of consumers, specifically for edible vegetables and fruits. The performance rate of a biopesticide is the same as in chemical pesticides for crops such as vegetables and fruits when using biopesticides as a means of controlling insect and pest attacks [2].

Limitations: Although there are a lot of benefits associated with the use of biopesticides there are also challenges involved. The challenges involved with the use of biopesticides include; expensive development and production methods, limited life span and inconsistency in-field performance.

Conclusion: Generally, biopesticides have restricted toxicity to birds, fish, bees and other wildlife including beneficial soil microorganisms. In the application of biopesticides, they are effective in low dosage and decomposes rapidly, resulting in fewer exposures to the environment and non-target pests. Thereby, preventing environmental and other forms of pollution caused by chemical pesticides. Biopesticides provide growers with valuable tools on every front by delivering solutions that are extraordinarily effective in managing pests and diseases, excluding negative impacts on the setting and their active and inert ingredients are generally recognized as safe (GRAS).

1. C.A. Damalas, S.D. Koutroubas. Agriculture 8 (1), 13 (2018).

2. D. Atwood, C. Paisley-Jones. Pesticides Industry Sales and Usage: 2008–2012 Market Estimates. US Environmental Protection Agency, Washington, DC (2017).

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА КАНАЛА КОНТРОЛЯ ВЕЛИЧИНЫ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ СИСТЕМЫ РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ В ПОСТИНСУЛЬТНЫЙ ПЕРИОД

Габдрахманова А.Р.[1], Тюрина М.М.[1]

[1)] Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева, г. Казань, Россия
E-mail: alsu-g15@mail.ru

FEATURES OF SYNTHESIS OF THE CHANNEL OF CONTROL OF THE MAGNETIC INDUCTION VALUE OF THE SYSTEM OF REHABILITATION FOR PATIENTS IN THE POST-STROKE PERIOD

Gabdrakhmanova A.R.[1], Tyurina M.M.[1]

[1)] National Research Technical University named after A. N. Tupolev, Kazan, Russia

The aim of this work is to develop a circuit solution for a magnetic induction meter on the Hall sensor for a device for exposure to magnetotherapy during rehabilitation of patients in the post-stroke period.

Инсульт является острой социально-медицинской проблемой нынешней медицины, поскольку в большинстве случаев становится основной причиной инвалидизации населения. В современной медицине используют различные методы реабилитации после инсульта.

В последние годы в отечественной клинической практике все чаще применяют физиотерапию. Физиотерапия применительно к задаче реабилитации больных после инсульта для восстановления нормального функционирования коронарной системы кровообращения предлагает воздействие низкочастотного магнитного поля на ту часть головного мозга, которая в наибольшей степени пострадала при инсульте. Магнитное поле почти беспрепятственно проникает прямо сквозь кожу и кости черепа [1]. Это и является достоинством магнитотерапевтических методов реабилитации. При этом возникает задача разработки программно-аппаратного комплекса для терапевтического лечения с возможностью контроля его параметров и режимов работы.

Транскраниальная методика в постинсультный период подразумевает воздействие на ткани головного мозга, поэтому очень важно правильно выбрать параметры магнитного поля и дозировку воздействия. Даже очень малое отклонение от этих параметром может привести к нежелательным последствиям и ухудшению состояния пациента. Следовательно, прибор для транскраниальной магнитотерапии должен иметь датчик магнитного поля, с помощью которого контролируются параметры магнитного поля. В данной работе рассматривается разработка системотехнического решения измерителя магнитного поля.

Анализ существующих аналогов показал, что первым элементом, которому передается сигнал о параметрах магнитного поля, является датчик Холла. Его

функция заключается в измерении величины магнитной индукции магнитного поля. Датчик меняет свое выходное напряжение в зависимости от величины проходящего через него магнитного поля. С выхода датчика Холла сигнал передается на цепь преобразования сигнала. Сигнал необходимо преобразовать, так как значение сигнала на выходе датчика не соответствует сигналу, который может принять в дальнейшем аналогово-цифровой преобразователь. Для этого используется операционный усилитель. После усиления аналоговый сигнал поступает на микроконтроллер, преобразуется в цифровой и далее отображается на жидкокристаллическом индикаторе.

В качестве стабильного источника напряжения используется линейный стабилизатор напряжения, выполненный на базе микросхемы UA7805. Данный тип микросхем строится на основе полевых или биполярных транзисторов. Кроме регулирующего транзистора, на кристалле микросхемы линейного стабилизатора установлена схема управления им.

Таким образом, в работе представлены результаты системотехнического синтеза канала контроля величины магнитной индукции, реализованного на датчике Холла. Введение этого канала в систему реабилитации больных в постинсультный период позволит контролировать величину магнитной индукции при воздействии магнитным полем на ткани головного мозга и позволит своевременно корректировать процесс реабилитации.

1. Пономаренко Г.Н., Болотова Н.В., Райгородский Ю.М. Транскраниальная магнитотерапия. СПб.: Человек, (2016).

ПРОБЛЕМА НЕДОСТАТКА ЙОДА У БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН, ПРОЖИВАЮЩИХ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Галанина К.А.[1], Буракова Л.Н.[1]

[1)] Тюменский индустриальный университет, Тюмень 625000, Российская Федерация
E-mail: galaksen99@mail.ru

THE PROBLEM OF IODINE DEFICIENCY IN PREGNANT WOMEN LIVING IN THE TYUMEN REGION

Galanina K.A.[1], Burakova L.N.[1]
[1)] Tyumen industrial University, Tyumen 625000, Russian Federation

The article reveals the effect of iodine deficiency on the body of a pregnant and newborn. The state of iodine deficiency in the Tyumen region. Studied the list of products that are sources of iodine.

Одной из наиболее важных проблем среди женщин, находящихся в положении, проживающих на территории Тюменской области, является недостаточное потребление йода, который играет важную роль в работе щитовидной железы. Недостаточное поступление этого микроэлемента имеет отрицательное влияние, как на организм матери, так и на плод.

Цель исследования – определить и подобрать продукты питания, содержащие значительное количество йода.

Для решения цели были выдвинуты следующие задачи:

- изучение состояния дефицита йода в Тюменской области;
- изучение влияния недостатка потребления микроэлемента для женщин, находящихся в положении;
- провести мониторинг продуктов-источников йода.

Под непрерывным вниманием Управления Роспотребнадзора по Тюменской области существуют меры предосторожности по болезням, связанных с дефицитом биологически активных веществ в рационе населения. Существующие сведения доказывают, что эта территория имеет природно-обусловленный дефицит йода. Вследствие чего, с 1997 года проводится массовая йодная профилактика.

Следствием недостатка может быть нарушение функций всех без исключения органов и систем, осложнение протекания беременности, выкидыш, появление пороков у плода. Следствием дефицита йода у детей может стать задержка в росте и умственное отставание.

Употребление натуральных продуктов питания будет иметь более позитивную направленность для насыщения витаминами и минеральными веществами организм женщин, находящихся в положении.

Основой массовой профилактики недостатка йода является употребление в рационе йодированной соли. Суточная норма вещества содержится в 4-6 г йодированной соли и это достаточное ее употребление.

Особенно богаты йодом продовольствие моря. Количество в источниках растительного происхождения зависит от его уровня в почве. При природном дефиците йода на площади Тюмени содержание его в продуктах низкое. В незначительных объемах находится в некоторых овощах – в среднем 10 мкг на 100 г; еще меньше его во фруктах.

Таким образом, профилактика недостатка и эндемического зоба с использованием натуральных источников элемента способны без больших усилий улучшить здоровье будущих мам и сократить йододефицит.

1. Е.А. Бабыкина. Течение беременности и родов у пациенток с йододефицитными состояниями. Пути профилактики гестационных и перинатальных осложнений: Автореферат дис. конд. мед. наук – Барнаул, (2006).
2. Е.И. Драгун. Мать и дитя, №4, 9 (2010).
3. В.М. Краснов. Педиатрическая фармакология 7, №1, 5 (2010).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D ПЕЧАТИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ БОЛЮСОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ КУРСОВ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Гасилова Е.К.[1], Беляев Д.В. [1], Вазиров Р.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: gasilovak@bk.ru

USING 3D PRINTING TECHNOLOGY TO PRODUCE PERSONALIZED BOLUSES TO OPTIMIZE RADIOTHERAPY COURSES

Gasilova E.K.[1], Belyaev D.V.[1], Vazirov R.A.[1]
[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsi, Ekaterinburg, Russia

This work is aimed at studying the use of 3D printing technology for the manufacture of personalized boluses in order to change the distribution of the absorbed dose for various types of radiation therapy.

Одним из основных способов лечения онкологических заболеваний является лучевая терапия. Преимущества данного метода заключается в том, что он является неинвазивным и эффективно поражает раковые клетки, однако вместе с опухолевыми клетками действие излучения распространяется и на здоровые. Поэтому для снижения действия излучения на здоровые ткани применяют

коллиматоры для коррекции формы пучка и болюсы, специальные накладки, которые позволяют изменять распределение дозы по глубине. Болюсы изготавливают вручную или с помощью специальных форм. В качестве перспективного метода изготовления болюсов для лучевой терапии можно использовать 3D печать [1].

Данная работа посвящена изучению применения технологии 3D печати для изготовления персонализированных болюсов для повышения эффективности курсов лучевой терапии.

Болюсы могут использоваться для различных видов лучевой терапии: аппликационной [2], протонной [3] и электронной [4]. Применение 3D печати для изготовления болюсов позволит обеспечить ряд преимуществ. Во – первых, персонализированный подход к каждому пациенту. 3D печать позволяет создавать модели с любой геометрией поверхности, следовательно, с ее помощью можно создать болюс, которые будет идеально прилегать к поверхности тела человека, имеющей сложную геометрию, например, лицо. Во – вторых, болюсы будут изготавливаться из тканеэквивалентных материалов [5], что позволит упростить расчет курса лучевой терапии в системе планирования. В – третьих, высокая скорость и точность изготовления болюсов, что достигается за счет использования 3D принтера. Таким образом с помощью 3D печати возможно получить персонализированный болюс, который позволит повысить эффективность курса лучевой терапии.

Полученные результаты исследования позволят сделать вывод о возможности создания индивидуальных болюсов с помощью 3D печати для оптимизации курсов лучевой терапии

1. Park, K., Park, S., Jeon, M. J., Choi, J., Kim, J. W., Cho, Y. J., ... and Lee, I. J. Oncotarget, 8(15), 25660 (2017).

2. Arenas, M., Sabater, S., Sintas, A., Arguís, M., Hernández, V., Arquez, M., ... and Puig, D. Journal of contemporary brachytherapy, 9(3), 270 (2017).

3. Zou, W., Fisher, T., Zhang, M., Kim, L., Chen, T., Narra, V., ... and Teo, B. K. K. Journal of applied clinical medical physics, 16(3), 90-98 (2015).

4. Su, S., Moran, K., and Robar, J. L. Journal of applied clinical medical physics, 15(4), 194-211 (2014).

5. Alssabbagh, M., Tajuddin, A. A., Manap, M. B. A., and Zainon, R. Int. J. Advanced and Applied Sciences, 4(9), 168-173 (2017).

ПОИСК ПУТЕЙ ПОЛУЧЕНИЯ ФУКОИДАНА ИЗ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ FUCUS VESICULOSUS И LAMINARIAE THALLI

Сопелкина К.И.[1], Гейде И.В.[1], Селезнева И.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: geide_iv@mail.ru

SEARCH FOR WAYS TO OBTAIN FUCOIDAN FROM BROWN ALGAE FUCUS VESICULOSUS AND LAMINARIAE THALLI

Sopelkina K.I.[1], Geide I.V.[1], Selezneva I.S.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

It is known that fucoidan is a polyvalent biomodulator with a wide range of biological activity. The use of fucoidan in the food production allows to improve their nutraceutical properties. Our work was search for ways to obtain fucoidan from brown algae.

В настоящее время в пищевой биотехнологии уделяется большое внимание проведению исследований в области создания функциональных и обогащенных биологически активными веществами продуктов питания, что позволяет создавать современные продукты высокой биологической ценности и целенаправленного действия. Вызывают особый интерес кисломолочные продукты, обогащенные полисахаридом фукоидан, что обусловлено широким спектром его биологической активности - иммуномодулирующими, антивирусными, противовоспалительными, антибактериальными и противоопухолевыми свойствами [1].

По химической природе фукоиданы представляют собой семейство высокосульфатированных, водорастворимых, обычно разветвленных гетеро- и гомополисахаридов. Основная цепь фукоиданов водорослей порядка Fucales построена из чередующихся α-1→3- и α-1→4-связанных остатков L-фукозы, в результате чего формируется регулярная структура полисахаридной цепи. В то же время бурые водоросли порядка Laminariales, синтезируют полисахариды, состоящие из α-1→3-связанных остатков фукозы. Основная цепь этих полисахаридов может иметь разветвления при С2 некоторых остатков фукозы [2].

Природными источниками данного полисахарида являются бурые и зеленые водоросли, а также такие беспозвоночные, как морские ежи и морские огурцы. Поскольку наиболее доступными являются бурые и зеленые водоросли, то представляет интерес использовать их в качестве сырья для получения фукоидана и разработать оптимальный способ выделения и очистки фукоидана.

Поскольку фукоиданы хорошо растворимы в воде, их можно экстрагировать из водорослей водой или разбавленными кислотами при комнатной, либо чуть повышенной температуре. В настоящем исследовании в результате проведенных многочисленных экспериментов удалось разработать метод экстракции и последующей очистки продукта от полифенольных примесей. В отличие от ранее

предложенной методики получения фукоидана [3], внесенные нами усовершенствования позволили получить очищенный экстракт с большим выходом целевого продукта.

Проведен анализ выделенного продукта методами ИК-спектроскопии и ЯМР-1Н спектроскопии, тонкослойной хроматографии, а также при помощи качественного химического анализа.

Получены образцы йогурта, обогащенного выделенным из водорослей фукоиданом, установлена его оптимальная концентрация, проведен сенсорный, физико-химический и микробиологический анализ.

1. Ускова Д.Г., Потороко И.Ю., Попова Н.В., Вестник Южно-уральского государственного университета, 3, 80 (2016).
2. Bo Li, Fei Lu, Xinjun W., Ruixiang Z., Molecules, 13, 1671 (2008).
3. Врищ Э.А., Ковалев Н.Н., Элштейн Л.М. Патент РФ № 2302429 (2007).

АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЗНАЧЕНИЙ ФАКТОРА ИЗМЕНЕНИЯ ДОЗЫ ДЛЯ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДОВ ЦЕРИЯ, ЗОЛОТА И ГАФНИЯ

Герасимов А.С.[1], Вазиров Р.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: andrey45a@gmail.com

ANALYTICAL CALCULATION OF DOSE CHANGE FACTOR VALUES FOR CERIUM, GOLD AND HAFNIUM OXIDE NANOPARTICLES

Gerasimov A.S.[1], Vazirov R.A.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin

Dose change factors for cerium, gold and hafnium oxide nanoparticles used with monochromatic photon beams in concentration 5 mg/ml were calculated. All nanoparticles showed a significant increase of dose change factor, each in their own ranges of energy

В последние два десятилетия резко возрос интерес к наноразмерному миру: появляется множество работ по физике, химии, медицине и лучевой терапии (ЛТ) в частности. ЛТ направлена на лечение онкологических заболеваний, но при этом имеет ряд сложностей связанных с радиорезистивностью опухолевых клеток и необходимостью защищать здоровые ткани от ионизирующего излучения. Востребованным направлением повышения эффективности лучевой терапии является радиомодификация, в частности использование наночастиц оксидов металлов. Расширить радиотерапевтический потенциал возможно при селективном усилении повреждения опухоли – радиосенсибилизация [1] и снижении радиопоражаения нормальных тканей – радиопротекция [2].

В данной работе представлен аналитический расчет фактора изменения дозы (ФИД) по аналогии с работой [3]. Увеличение ФИД связано с возрастающим поглощением энергии ионизирующего излучения веществами с высоким атомным номером. Расчет производился для наночастиц оксидов церия, золота и гафния в концентрации 5 мг/мл в комбинации с монохроматическим фотонным излучением в диапазоне энергий 0-300 КэВ. Коэффициенты поглощения были взяты на сайте базы данных NIST [4]. Полученные результаты аналитических расчетов представлены на рисунке 1.

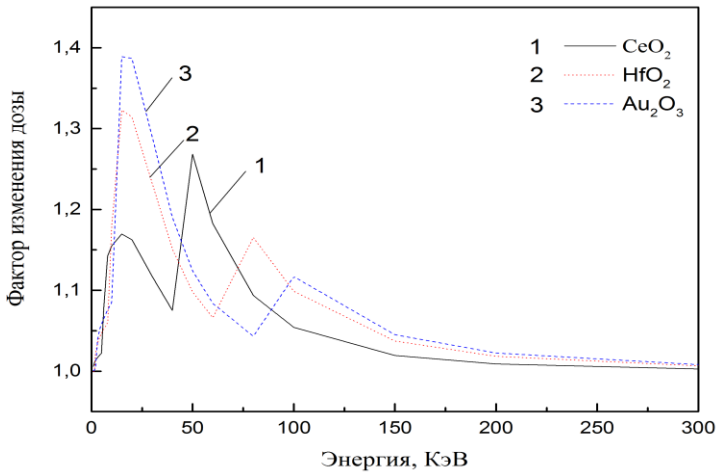


Рис. 1. Зависимость ФИД от энергии монохроматического фотонного излучения наночастиц оксидов церия, золота и гафния в концентрации 5 мг/мл.

Из полученных результатов видно, что ФИД максимален для наночастиц оксида золота и достигает ~1,39. Согласно полученным данным, для достижения максимального эффекта требуется использовать оптимальные вещества для разного диапазона энергии.

Полученные расчеты показывают отсутствие увеличения ФИД за счет физического взаимодействия фотонного излучения с энергией более 250 кэВ. При снижении энергии фотонов ниже 150 кэВ наблюдается значимое увеличение ФИД. Таким образом, для использования радиосенсибилизирующего эффекта взаимодействия фотонного излучения со средой стоит использовать излучение с энергией менее 250 кэВ.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования наночастиц оксидов металлов в радиотерапевтических методах при лечении злокачественных опухолей.

1. Shiryaeva E., Baranova I., Kiselev G., Morozov V., Belousov A., Sherstiuk A., Kolyvanova M., Krivoshapkin P., Feldman V. J. Phys. Chem. C. 123(45), 34 (2019).
2. Yalsin S., Aktas B., Yilmaz D. Rad Phys and Chem J. 160, 83-88 (2019).

3. Morozov V., Belousov A., Krusanov G., Kolyvanova M., Krivoshapkin P., Vinogradov V., Chernyaev A., Shtil A. Optics and Spectroscopy 125(1), 101-104 (2018).
4. X-Ray Mass Attenuation Coefficients [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.nist.gov/pml/x-ray-mass-attenuation-coefficients

AN OVERVIEW OF TRANSGENIC ANIMALS: PROMISE AND PERILS

Ghanbari M.[1], Ivantsova M.N.[1], Atambire A.[1]

[1)] Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University
E-mail: mahtab.ghanbari1992@gmail.com

A brief overview on transgenic animals is presented. The technology of creating these animals is one of the most rapidly developing biotechnologies in the last 10 years. Transgenic animals are widely used for solving theoretical problems and practical purposes for biomedicine and agriculture.

A Transgenic animal refers to an animal that has purposefully had its genome modified by direct human interference to achieve a specific phenotypic goal. This method involves foreign DNA being introduced to animal using recombinant DNA techniques [1]. Usually, animal modifications are done for specific purposes, mostly for aesthetics. Like creating animals that glow in the dark to those that are designed purposely for agricultural and economic output like fast growing salmon to supplement existing production capacities. Whatever the purpose for creating such exotic organisms are the human curiosity and capacity to modify life itself is here to stay.

In this paper, we present a brief review of this approach since it was first introduced to the world and subsequent approaches gathered in the few decades. The promises and limitation of creating transgenic animals have also been outlined. We also looked into the rules and regulations guiding of this very sensitive scientific endeavor by various international and national bodies (with emphasis on developed countries) regarding transgenic animals. We highlight some of the present scientific developments that promise to have a huge impact in the field of genetically engineering animals [2]. At the end, it is reviewed the possible problems that may arise in the future given that the production of those creatures is out of control.

1. Jaenisch, R. Transgenic animals. Retrieved 13, 2019, from http://science.sciencemag.org/content/240/4858/1468 (1988, June 10).
2. Pinkert, C. A. Transgenic Animal Technology, 3–13 (2014).

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ТУБЕРКУЛЕЗА

Гривков А.В.[1], Смирнов А.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: notorious451@gmail.com

APPLICATION OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS FOR DIAGNOSTICS OF TUBERCULOSIS

Grivkov A.V.[1], Smirnov A.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The goal of the project is to design a program based on machine learning algorithms, performing analysis of a chest X-ray shot and reporting a particular pathology.

Основной проблемой диагностики туберкулеза является относительно малая достоверность популярных методик исследования. В частности, анализа с помощью рентгеновских снимков легких. Этот метод целиком и полностью зависит от квалификации врача-специалиста. Необходимость постоянно анализировать большие объемы данных, так как туберкулез является очень распространенным заболеванием в России, и достаточно высокая вероятность совершения ошибки требуют нахождения новых решений способных упростить возникающие задачи. Для исключения «человеческого фактора» процесс необходимо автоматизировать и найти метод способный распознавать любые характерные для туберкулеза изменения. В данном проекте рассматривается вариант решения этой задачи с помощью использования искусственных нейронных сетей (ИНС) и алгоритмов машинного обучения.

Современные ИНС могут быть использованы в качестве средства прогнозирования во времени, средство распознавания образов, инструмент для поиска по ассоциациям, модель для поиска закономерностей в массивах данных.

Целью данного проекта будет создание сверточной нейронной сети, ее обучение с помощью находящихся в открытом доступе отечественных и зарубежных баз данных патологических и нормальных рентгеновских снимков, а также разработка пользовательского интерфейса. Для написания программы будет использоваться язык программирования Python. Выбор обусловлен:

- Высоким уровнем языка;
- Наличием опыта работы с этим языком;
- Наличием всех необходимых библиотек в открытом доступе.

КОНЦЕНТРАЦИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА, МЕТАНА И МОНОКСИДА УГЛЕРОДА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА

Гуляев Е.А.[1], Антонов К.Л.[1], Маркелов Ю.И.[1]

[1)] Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: kapterka111@gmail.com

CARBON DIOXIDE, METHANE AND CARBON MONOXIDE CONSENTRATIONS MEASURED IN THE ATMOSPHERIC SURFACE LAYER OVER YEKATERINBURG

Gulyaev E.A.[1], Antonov K.L.[1], Markelov J.I.[1]
[1)] Institute of Industrial Ecology UB RAS, Yekaterinburg, Russia

This study, we analysed the main patterns of variability in atmospheric concentrations of CO, CO2 and CH4 in Yekaterinburg. Background, daily dynamics, seasonal variation, inter-annual variability, and concentration relationship with meteorological parameters were considered.

Повышение средней глобальной температуры воздуха связывают с влиянием климатообразующих факторов, в частности с ростом концентраций CO2, CH4 и CO. Недостаточное количество станций мониторинга в нашей стране приводит к тому, что большая часть Российской Федерации остается малоизученной с точки зрения пространственного и временного изменения газового состава тропосферы.

В работе представлен анализ измерений концентраций малых газовых компонент в приземном слое атмосферы г. Екатеринбурга, который охватывает период конец 2016 – начало 2019 г.

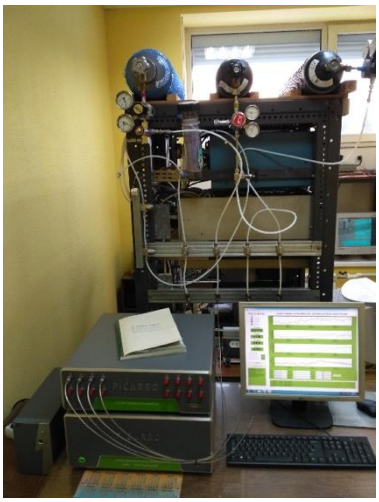


Рис. 1. Измерительный комплекс на основе газоанализатора Picarro G2401.

Основой измерительного комплекса является газоанализатор Picarro G2401. Прибор предназначен для непрерывных измерений концентраций четырех

основных парниковых газов (CO, CO2, CH4 и H2O) методом спектроскопии внутрирезонаторного спада сигнала во времени (cavity ring-down spectroscopy, CRDS).

В рамках данного исследования проведен анализ основных закономерностей изменчивости атмосферных концентраций моноксида углерода, углекислого газа и метана на пункте мониторинга в г. Екатеринбурге. Рассмотрены фон, суточная динамика, сезонный ход, межгодовая изменчивость, связь концентраций с метеопараметрами, а также выполнено сравнение с результатами, полученными на других станциях.

Полученные фоновые значения соответствуют результатам других исследований в городских условиях [1]. Среднегодовые превышения концентраций рассмотренных компонентов над фоновыми значениями составили: 10 ppm (CO2), 50 ppb (CH4), 120 ppb (CO).

Суточный ход по CO2 проявляется в период с мая по сентябрь с максимальной амплитудой в июле (36,1±11,6 ppm), а по CH4 – с марта по сентябрь с максимальной амплитудой в сентябре (132±95 ppb). Установлена сильная зависимость суточной динамики CO от процессов человеческой деятельности.

Выявлен среднегодовой прирост концентрации диоксида на 2,1 ppm углерода, метана – на 2 ppb. Концентрация угарного газа уменьшалась в среднем на 20 ppb в год. Полученные данные хорошо согласуются с мировым данными по темпу роста диоксида углерода, однако существенно расходятся с данными по метану [2].

Анализ связи концентраций с метеопараметрами позволил сделать вывод о сильном влиянии локальных местных источников на содержание исследуемых газовых компонентов в атмосфере городской территории [3].

1. Belikov I.B., Brenninkmeijer C.A.M., Elansky N.F., and Ralko A.A. Atmospheric and Oceanic Physics 42(1),46 – 59 (2006).

2. WMO Greenhouse Gas Bulletin: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2017.

3.Ramachandran S., Rajesh T.A. Journal of Geophysical Research: Atmospheres 112(D6) (2007).

СЫРЬЕВАЯ БАЗА ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВОГО БЕЛКА ИЗ УГЛЕВОДОРОДОВ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Гусева А.И.[1]

[1)] Тюменский Индустриальный Университет, Тюмень 625000, Россия
E-mail: nastasiaigorevna@mail.ru

THE RAW MATERIAL BASE FOR THE PRODUCTION OF FEED PROTEIN FROM HYDROCARBONS IN THE OIL INDUSTRY

Guseva A.I.[1]

[1)] Tyumen Industrial University, Tyumen 625000, Russia

Feed protein plays an important role in animal husbandry, making up for the deficiency of essential amino acids and vitamins. Given the significant reserves of petroleum feedstock and the high quality of the resulting feed product, protein production is one of the promising areas of feed production.

Постепенно стоимость производства кормов на основе растительного сырья возрастает, при этом такие корма несбалансированны по аминокислотному составу. Поэтому актуальна разработка такого белка, который будет обладать сбалансированностью, высокой пищевой ценностью и дешевизной. Таким требованиям отвечают кормовые дрожжи.

Кормовые дрожжи, культивированные на нефтяных парафинах называются папринами. Сырьем служат неразветвленные углеводороды С10-С18 и С14-С19. Для получения н-парафинов, нефть необходимо перегнать до жидких фракций парафинов с температурами кипения 200-320°С. Именно от степени очистки нефти зависит качество кормовых дрожжей [1].

Для очистки сырья на нефтеперерабатывающих заводах применяются установки «Парекс». На установках осуществляется способ производства парафинов из дистиллятных керосиновых и дизельных фракций - при помощи селективной адсорбции на цеолитах, которые избирательно адсорбируют н-алканы. Процесс адсорбции проводится в среде водородосодержащего газа, являющимся газоносителем сырья. Вторая стадия процесса – десорбция. Осуществляется нагретыми парами аммиака, который вытесняет н-алканы. Процессы осуществляются при температуре 380°С и давлении 1 МПа. На установке предусмотрены 3 адсорбера, один из которых работает в режиме адсорбции, а два других – в режиме десорбции [2].

Полученные жидкие парафины могут содержать порядка 1% ароматических углеводородов, концерогенные вещества, токсины, поэтому их следует подвергнуть глубокой олеумной очистке. Сырье вместе с кислотой попадают в мешалку, проходя пять ступеней разделения смесь направляют в отстойную емкость. Отстоявшийся кислый гудрон отводят, а парафины отправляют на защелкивание, для которого используют 13%-раствор NaOH. Жидкие парафины отделяют от

щелочи и закачивают в центрифужные аппараты, где парафины освобождаются от остатков щелочи [3].

На н-парафинах способны синтезировать белок как и дрожжи так и бактерии. Однако в технологическом производстве используются дрожжи. Лучшими продуцентами являются родов Candida (Candida maltosa, Candida guilliermondii, Candida lipolytica).

Технология производства состоит из следующих стадий: подготовка питательной среды, выращивания посевного материала, выделение посевного материала, промывка, сушка. В качестве источника азота вводится аммиачная вода, поддерживаются концентрации сульфата аммония и микроэлементов. Оптимальная температура среды для накапливания биомассы — 28-34°С, pH среды — 5-6 [4].

Массовая доля протеина у кормового белка из рода Candida не менее 60% сухого вещества, жира 9-10%, углеводов 22%. Преимуществом рода Candida является то, что протеин усваиваются зверями. Род Candida является очень сильным аллергеном для людей и опасны при выбросе в окружающую среду [5].

При производстве кормового белка в окружающую среду выделяется много вредных веществ, а содержание в сырье ароматических углеводородов могут вызывать у животных заболевания. Поэтому требуется усовершенствование технологического процесса.

1. В.М. Березутский, В.А. Морозов, З.Х. Галеева, В.Н. Здобнов, С.М. Ткачев. Способ получения жидких парафинов для производства синтетических моющих средств и белково-витаминных концентратов // Патент России № 2032707, 1995.

2. Р.Р. Гайнуллин, Э.Т. Гизятуллин, Н.Л. Солодова, А.И. Абдуллин, Вестник казанского технологического университета №1, 265 (2013).

3. Р.Г. Нигматуллин, П.А. Золотарев, С.У. Гайнанов, Г.Г. Теляшев. Способ деароматизации жидких парафинов // Патент России № 2078790С1, 1997.

4. М.А. Щербинина. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М. А. Щербинина, Е. А. Гамыгин. – М.: ВНИРО, 2006 - 360 с.

5. Д. Н. Перельдик, Кролиководство и звероводство. № 3 (1991).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЙОГУРТА, ПРИГОТОВЛЕННОГО В ТАРЕ, ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОБРАБОТАННОЙ ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Ишкова М.И.[1], Селезнева И.С.[1], Баранова А.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: masha.ishkova@mail.ru

A STUDY OF QUALITY INDICATORS OF YOGURT PREPARED IN CONTAINERS PRE-TREATED WITH IONIZING RADIATION

Ishkova M.I.[1], Selezneva I.S.[1], Baranova A.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Dairy products deteriorate over time. In this regard, it is necessary to control the quality and safety of products. In this work, the quality parameters of yogurt prepared in a container previously irradiated with ionizing radiation were studied in comparison with a control sample.

Кисломолочная продукция, как и все пищевые продукты – это разнообразные, многокомпонентные, активные системы, в которых одновременно происходят микробиологические, энзиматические и физико-химические процессы. Эти реакции оказывают существенное влияние на вкус, текстуру и другие показатели качества продукта [1].

Все пищевые продукты со временем неизбежно разлагаются и портятся. Ухудшение качества и порчу пищевых продуктов предотвратить невозможно, однако, можно замедлить процессы ухудшения качества, для чего необходим правильный подбор рецептур, способов технологической обработки, упаковки, хранения и транспортировки пищевых продуктов [2].

Современные технологии обработки упаковки продуктов питания с целью продления сроков их хранения, кроме традиционных способов – сушки, обработки химическими соединениями, предусматривают использование различных видов ионизирующих излучений [3].

В ходе эксперимента тара различного типа (стеклянные емкости и емкости из полиэтилентерефталата) для упаковки йогурта была простерилизована дозой 10 кГр на линейном ускорителе электронов модели УЭЛР-10-10С2 в инновационно-внедренческом центре радиационной стерилизации Физико-технологического института УрФУ [4]. После стерилизации в этих емкостях был приготовлен йогурт по классической рецептуре термостатным способом. Исследование органолептических и физико-химических показателей готового продукта, приготовленного в облученной таре, проводили в сравнении с контрольным образцом, полученным в таре без предварительного облучения, в течение 14 дней хранения при + 4 ^{0}С в микробиологической лаборатории химико-фармацевтического центра

химико-технологического института УрФУ. Анализ проводили через 1, 7, 14 дней хранения. В ходе анализа контролировали следующие показатели йогурта: органолептические – внешний вид и консистенция, вкус и запах, цвет; микробиологические – количество микроорганизмов на питательной среде МПА (мясо-пептонный агар), количество кисломолочных микроорганизмов на питательной среде MRS, отсутствие либо же наличие бактерий группы кишечной палочки на элективной питательной среде Агар-Эндо; физико-химические – кислотность, pH, плотность, синерезис, водосвязывающая способность.

В результате проведенных исследований не установлено существенных изменений в значениях контролируемых показателей йогурта, приготовленного в облученной и контрольной тарах. Следовательно, облучение тары ионизирующим излучением дозой 10 кГр не оказывает значительного влияния на органолептические и физико-химические показатели качества готового продукта в течение 14 дней хранения.

В дальнейшем планируется приготовить йогурт в тарах (стеклянные емкости и ПЭТ-емкости), облученных более высокой дозой, и изучить его органолептические и физико-химические показатели в течение более длительного срока хранения.

1. Богданов В. Д., Пакляченко С. А. Установление сроков годности и нормирование показателей безопасности рыбомучных кулинарных изделий повышенной пищевой ценности, 12–14 (2010).

2. Стеле Р. Срок годности пищевых продуктов: Расчет и испытание (2006).

3. Петриченко Л. К., Васильева А. Г. Известия ВУЗов. Пищевая технология, 1, 95–98 (2004).

4. Ишкова М. И., Селезнева И. С., Баранова А. А., Казаков А. В. Исследование воздействия различных доз ионизирующего излучения на тару для производства йогурта, 983–984 (2019).

МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕКТРОВ ЭПР ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ВОЛОСА ЛЮДЕЙ ЗДОРОВЫХ И С ВЫЯВЛЕННОЙ ПАТОЛОГИЕЙ

Изможерова К.Д.[1], Байтимиров Д.Р.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: kira.n@list.ru

MODELING OF EPR SPECTRA OF HUMAN HAIR OF PEOPLE WITH IDENTIFIED PATHOLOGY AND HEALTHY

Izmojerova K.D.[1], Bajtimirov D.R.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The work is devoted to modeling the Electronic Paramagnetic Resonance (EPR) spectra of human hair samples. Healthy female donors are compared with ones with the breast cancer detected to determine signals associated with the presence of pathology.

Человеческий волос представляет собой высокоупорядоченное биоволокно, состоящее из белка кератина и биополимера меланина. В силу своих свойств – рост с одинаковой скоростью на протяжении всей жизни человека – он является ретроспективным датчиком биохимических процессов в организме. Ранее австралийские и американские исследователи показали [1, 2], что в рентгеновских дифрактограммах образцов человеческих волос пациентов с онкопатологией молочной железы наблюдаются характерные диффузные кольца, свидетельствующие о структурных нарушениях в белке. Возможно, что данные структурные нарушения могут также характеризоваться отдельным парамагнитным сигналом при исследовании подобных образцов методом ЭПР.

Сигнал ЭПР волоса образцов, полученных у здоровых людей и пациентов с выявленной РМЖ, в области полей 3100-3400 Гс содержит несколько линий, связанных с парамагнитными центрами, локализованными в белке и меланине. Сигнал меланина является неоднородным, так как содержит два типа пигмента – эумеланин и феомеланин. Эумеланин характеризуется линиями двух различных радикалов: CCR (carbon-centered radicals), который доминирует в твёрдотельном состоянии (g=2,0049), и SQR (semiquinone radicals), который доминирует в растворе (g=2,004) [3]. Таким образом, спектрах волос преобладает линия ЭПР CCR. Также вклад в спектр вносит Cu (II), так как ключевым ферментом синтеза феомеланина является медьсодержащий фермент тирозиназы. Кроме того, свой вклад даёт молекула FeS_2. Все указанные элементы, а также их взаимодействие между собой, необходимо учитывать в процессе моделирования спектра волоса.

Моделирование спектра ЭПР волоса с последующим анализом и построением гамильтониана было проведено в программной среде MathLab при помощи модуля EasySpin в приложении SimultySpin, разработано на основе приложения SimLabel [4]. Результаты моделирования типичного спектра ЭПР волоса можно

видеть на Рисунке. В частности, крупным пунктиром изображён вспомогательный сигнал CCR меланина.

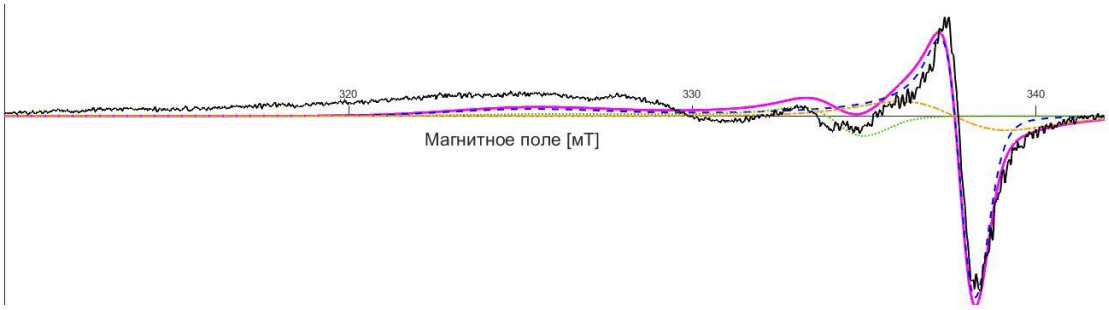


Рис. 1. Экспериментальный спектр ЭПР человеческого волоса (чёрный цвет, сплошная линия), итоговый теоретический спектр (розовый цвет, сплошная линия), вспомогательные сигналы различных отдельных элементов (голубой цвет - крупный пунктир , зелёный цвет - мелкий пунктир и оранжевый цвет - штрих-пунктир).

В области полей 3100-3400 Гс спектр волоса может быть смоделирован тремя линиями со следующими параметрами: крупный пунктир характеризует линию с $g_{\perp}$=2,0049, $g_{\parallel}$=2,0849, шириной ΔH=10,5Гс; мелкий пунктир изображает линию с $g_{\perp}$=2,0258, $g_{\parallel}$=2,0815 и шириной ΔH=16,5Гс; штрих-пунктир обозначает линию с $g_{\perp}$=2,0069, $g_{\parallel}$=2,0055 и шириной ΔH=26,7Гс.

Следующим этапом работы станет исследование, направленное на поиск корреляции между полученными в ходе моделирования сигналами и наличием или отсутствием патологии

1. James V.J., Wilk K.E., McConnell J.F., Baranov E.P. and Amemiya Y., J. Biol. Macromolecules 17(2), 99-104, (1995).

2. James V.J., Kearsley J., Irving T., Amemiya Y. and Cookson D., Nature 398, 33-34, (1999).

3. Mostert A. B., Rienecker S. B., Noble C., Hanson G. R., Meredith P., Science Advances, 1293, 1-6, (2018).

4. Etienne E.,Le Berton N., Martinho M., Mileo E., Belle V., SimLabel: a draphical user interface to simulate continuous wave EPR spectra from site-directed spin labeling experiments, 55(8), 714-719 (2017).

AN AUTOMATED CLASSIFIER AND COUNTER FOR MICROBIOLOGICAL OBJECTS

Izmozherov I.B.[1], Smirnov A.A.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin
E-mail: mamahalyava@outlook.com

An attempt to create an automated classifier and counter for microbiological objects based on neural network.

Many scientific works rely on analysis of images of microbiological objects. it can be object count, object classification, shape and color analysis etc. Such analysis always is time consuming and there is also a window for errors. Threrefore this process was from its beggining a target for numerous attempts of automation.

Most successfull tries are based on different segmentation methods [1]. All mentioned approaches are using deterministic calculations. Aim of this work is to bring another kind of image segmentation to this task - neural networks. To successfully implement to image segmentation a set of examples is required. Size of such set should be at least no less than several hundreds of images. So for this purpose photographs of irradiated yeast were chosen mainly because it is easy to segment them manually with enough accuracy. A secondary task was to make an attempt to distinguish life cell from the dead ones together with segmentation.

All calculation are done using Google Colaboratory as a computational background.

1. Д.М. Мурашов. Труды МФТИ, 1 (1), 80 - 89 (2009).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТУБУЛЕНОВ В СТОМАТОЛОГИИ

Какорина О.А.[1], Какорин И.А.[1], Запороцкова И.В.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет, Волгоград, 400062, Россия
E-mail: olessya.08@mail.ru

STUDY OF THE POSSIBILITY OF USING CARBON NANOTUBULENES IN DENTISTRY

Kakorina O.A.[1], Kakorin I.A.[1], Zaporotskova I.V.[1]
[1)] Volgograd State University, Volgograd, 400062, Russia

One of the most common dental problems is tooth decay. Therefore, it is relevant to search for new dental materials with the best properties, or to search for ways to modify known substances to protect teeth from caries. As such a modifying additive, we propose using carbon nanotubes.

Зубная эмаль (или просто эмаль) — внешняя защитная оболочка коронковой части зубов человека. Твёрдость зубной эмали определяется высоким содержанием в ней неорганических веществ (до 97 %), главным образом кристаллов гидроксиапатита (ГА) — $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$, модифицированного магнием, фтором, углеродом и некоторыми другими элементами. Гидроксиапатиты очень восприимчивы к кислотам и начинают разрушаться под их воздействием [1].

В работе рассматривается процесс взаимодействия муравьиной и молочной кислот с гидроксиапатитом и углеродными нанотрубками (УНТ). Процесс взаимодействия моделировался следующим образом: молекулы кислот приближались к молекуле гидроксиапатита с расстояния 2,8 Å с шагом 0,1 Å. Анализ результатов оптимизации геометрии системы обнаружил, что в процессе приближения молекулы муравьиной кислоты к ГА атакуемый атом Ca углубился примерно на 0,3 Å, при этом связанные с ним атомы изменили свое первоначальное положение. Связь Ca-O увеличивается и разрывается. В результате этого взаимодействие наблюдается частичное разрушение ГА. Результаты расчетов взаимодействия молочной кислоты с ГА, установили факт физической адсорбции. Полная оптимизация геометрии показывает, что атомы кальция ГА смещаются из своих положений и связь Ca-O разрушается. Таким образом контакт зубов с данными кислотами приводит к разрушению эмали.

Также было изучено взаимодействия молочной и муравьиной кислот с поверхностью УНТ. Молекула кислот приближалась к атомам трубки, находящемся в центре кластера нанотубулена, что позволяет минимизировать влияние краевых эффектов. Процесс адсорбции моделировался поэтапным приближением кислот с шагом 0,1 Å к поверхности трубки. Геометрические параметры системы оптимизировались на каждом шаге. С помощью проведенных расчетов были построены профили поверхности потенциальной энергии процессов адсорбции.

Анализируя энергетические кривые обнаружено, что молекула муравьиной и молочной кислоты не адсорбируется на поверхности трубки, что обосновывается отсутствием минимума на энергетических кривых, иллюстрирующего факт образования химической связи между молекулой кислоты и атомом трубки. Таким образом можно использовать УНТ в качестве защитной среды от воздействия кислот на зубную эмаль. Поэтому необходимо выяснить как взаимодействует гидроксиапатит и УНТ. Для взаимодействия был предложен следующий механизм: УНТ и элементарная ячейка ГА располагались относительно друг друга на расстоянии 2 Å. Проведенная полная оптимизация геометрии в этом состоянии показала, что УНТ и ГА объединились в адсорбционный комплекс. Таким образом можно предложить использовать УНТ для покрытия зубной эмали для защиты от воздействия вредных кислот.

1. В.Н. Трезубов, М.З. Штейнгарт, Л.М. Мишнев Ортопедическая стоматология. Прикладное материаловедение: Учебник для медицинских вузов, СПб.: Специальная литература (1999).

MODELING OF CERIUM OXIDE NANOPARTICLES PHARMACOKINETICS

Kasyanova V.V.[1], Bazhukova I.N.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
E-mail: ValentinaKasianova@yandex.ru

Cerium oxide nanoparticles pharmacokinetics model was developed. The biodistribution of nanoparticles in various organs and tissues of the body after intravenous injection was evaluated. The parameters that have the greatest influence on the nanoparticles distribution were determined.

A comprehensive study of nanoparticles properties has shown the great potential of their use in medicine. Cerium oxide nanoparticles are one of the promising materials in this field due to their ability to interact with reactive oxygen species (ROS) and perform the functions of enzymes. It was shown that these nanoparticles are able to protect cells from ROS and thereby prevent diseases associated with oxidative stress [1]. However, the use of these nanomaterials in medicine requires date about their toxicity and distribution in the body after injecting. A physiologically based pharmacokinetic modeling (PBPK) is a convenient tool for solving this problem. Simulation data provide important information on the absorption, distribution, metabolism, and excretion of nanoparticles. So, this study is devoted to modeling the systemic distribution of intravenously injected cerium oxide nanoparticles.

The PBPK model of nanoparticles was implemented using Matlab SimBiology® R2018b software. The model consists of several compartments: lungs, spleen, liver,

kidneys, heart, brain, gastrointestinal tract, and other organs. Like biological systems, all compartments were interconnected by a circulating blood system, which was modeled by two additional compartments – arterial and venous blood. All compartments except blood contain three subcompartments: capillary blood, tissue, and phagocytes. To describe the nanoparticles concentration changes in each compartment a set of linked ordinary differential equations was used. Both anatomical and physiological parameters of biological object and nanoparticles parameters were used as model parameters [2].

The model was optimized using published experimental data on the cerium nanoparticles biodistribution in various tissues of rats after intravenous injection [2, 3]. During the simulation, physiological parameters were fixed, and the nanoparticles parameters were optimized by fitting the simulation results to the available experimental data. In order to simplify the model, the parameters had the same values for most organs.

The sensitivity analysis of the model was carried out to determine the parameters that have the greatest effect on the nanoparticles biokinetics. It was found that the pharmacokinetics of nanoparticles is more dependent on the distribution coefficient between tissue and blood, the permeability coefficient between blood and tissue, and the maximum rate of phagocyte uptake. Thus, it was shown that both the anatomical and physiological parameters of biological organism, as well as the physicochemical parameters of nanoparticles, influence the biodistribution of nanoparticles.

The constructed PBPK model can be used to predict the distribution of cerium dioxide nanoparticles in various organs after their intravenous injection. Varying the model parameters makes it possible to evaluate the change in nanoparticles biokinetics under different conditions.

1. Wang G., Zhang J., He X. et al., Chinese Journal of Chemistry, 35, 1 – 10 (2017).
2. Carlander U., Moto T., Desalegn A. et al., International Journal of Nanomedicine, 13, 2631 – 2646 (2018).
3. Li D., Morishita M., Wagner J. et al., Particle and Fibre Toxicology, 13 (2016).

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЦИОНОВ ПИТАНИЯ И ЗДОРОВЬЯ КОРЕННОГО И ПРИЕЗЖЕГО НАСЕЛЕНИЯ НОВОГО УРЕНГОЯ

Казаринова К.С.[1], Неверов В.Ю.[1]

[1)] Тюменский индустриальный институт, Тюмень, Россия
E-mail: kazarinova99ksenia@mail.ru

OPTIMIZATION OF DIETS AND HEALTH OF INDIGENOUS AND VISITING POPULATION OF NEW URENGOY

Kazarinova Ksenia Sergeevna[1], Neverov Vladislav Yurievich[1]
[1)] Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

The article presents a literary review of the nutrition of the indigenous and visiting population of the Arctic zone. Data on the composition of diets and the risk of alimentary-dependent chronic non-communicable diseases are presented.

Одной из основ формирования здоровья человека является питание. В рационе человека, живущего в районах Крайнего Севера, снижается энергетическая роль углеводов и повышается роль жиров и в меньшей степени — белков, формируется так называемый «полярный метаболический тип». Отмечено, что из-за повышенных энерготрат, у приезжающих на вахту людей, содержание сахара в крови уменьшается на 40—45% за счет усиленного окисления депонированных жиров и гликогена, а затем и глюкозы. Снижение содержания сахара в крови приводит к снижению почечного барьера для углеводов и нарушению функции поджелудочной железы.

Основой рациона питания коренных жителей Ямало-Ненецкого округа является оленина - неотъемлемый продукт в питании северян. Оленина считается экологически чистым продуктом, из-за большого содержания протеина позволяет насытиться на долгое время, оказывает положительное влияние на желудочно-кишечный тракт, улучшает деятельность сердечно-сосудистой системы, витаминный состав, способствует нормализации обменных процессов. Поэтому коренные жители Арктики употребляют большое количество мяса и жира, занимающиеся традиционными северными видами хозяйствования, редко страдают ишемической болезнью сердца и артериальной гипертензией, в отличие от оседлых аборигенов, живущих в поселках, учащихся школ-интернатов, которые вынуждены употреблять в пищу большое количество углеводов.

Распространенность алиментарно-зависимых хронических неинфекционных заболеваний, у приезжего населения на Крайнем Севере выше, чем в средней полосе России. Так как установлено, что характер питания жителей коренных народов Севера значительно отличается от питания приезжих жителей, то анализ его влияния на здоровье жителей остается крайне актуальным.

Переезд в условия Крайнего Севера у мигрантов связан с изменением их обычного стереотипа питания, так как в рационе северян преобладают продукты

с длительным сроком хранения - это замороженные, консервированные продукты, полуфабрикаты. В связи с выраженной сезонностью завоза отмечается недостаток свежих овощей и фруктов, слабо развита местная пищевая база.

Как следствие, у людей, приехавших в Ямало-Ненецкий автономный округ, из-за изменений в составе питания с преобладанием жирной пищи, наблюдается стойкое повышение содержания свободных жирных кислот в сыворотке крови, что лежит в основе формирования алиментарно-зависимых хронических заболеваний.

Принимая во внимание то, что рацион питания приезжих северян значительно отличается от питания жителей средней полосы, а питание коренных жителей приобретает новые тенденции, то проблема изучения влияния характера питания на здоровье жителей Крайнего Севера приобрела в настоящее время чрезвычайную социальную и медицинскую значимость.

1. М.Н. Дмитриевская. Разработка принципов оптимизации диетотерапии больных сердечнососудистыми заболеваниями на основе комплексной оценки пищевого статуса: дис. канд. мед. наук. М., (2007).

2. И.В. Сорокун. Системный анализ влияния фактического рациона питания на динамику повидения вектора состояния организма студентов северного ВУЗа: Автореф. дис. канд. биол. наук. Сургут, (2009).

3. И.Е. Ионова. Особенности характера питания и здоровье коренного (малочисленного) и пришлого населения крайнего севера: Автореф. дис. канд. мед. наук. М., (2004).

4. Л.П. Лобанова. Распространенность компонентов метаболического синдрома и фактическое питание у пришлого населения Крайнего Севера: Автореф. дис. канд. мед. наук. М., (2008).

5. С.И. Квашнина. Здоровье населения на Севере России (социально-гигиенические и экологические проблемы): Монография /С.И.Квашнина. – Ухта УГТУ, 2001. – 260 с., ил. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://lib.ugtu.net (дата обращения: 6.11.2019)

PARTICULATE MATTER VARIATION FOR DIFFERENT TYPES OF CIGARETTES IN INDOOR AIR

Khalaf H.N.[1, 3], Mostafa M.Y.A.[1, 3], Zhukovsky M.V.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg 620002, Russia
[2)] Institute of Industrial Ecology, Ekaterinburg, Russia
[3)] Minia University, Faculty of Science, Department of Physics, El-Minia, Egypt
E-mail: hyamnazmy@mail.ru

The present study aims to characterize PM emissions from three different types of cigarettes (Electronic cigarettes, tobacco cigarettes and IQOS cigarettes). The experiments were carried out in a 65 m3 lab room with burning the three types of cigarettes separately. PM1, PM2.5, PM10 concentrations.

Particulate matter inhalation (PM) in second hand smoke is harmful to smokers and non-smokers. Various additions to cigarettes may affect the amount from PM. Exposure to PM is not only caused lung cancer but also increased risk of stroke breast cancer mortality. Although the main risks may be transferred to the distal lung by particulate matter, A few studies have been interested in studying PM. The present study aims to characterize PM emissions from three different types of cigarettes (Electronic cigarettes, tobacco cigarettes and IQOS cigarettes). The experiments were carried out in a 65 m^3 lab room with burning the three types of cigarettes separately. PM1, PM2.5 and PM10 concentrations were measured simultaneously with aerosol diffusion spectrometer (ADS)1. The Electronic cigarettes achieved the highest values of particulate matter with 193, $1*10^3$ and $2*10^3$ ($\mu g/m^3$) for PM1, PM2.5 and PM10 respectively. The value of surface area ranged from 3460 for IQOS cigarettes to 7482 for Electronic cigarettes. IQOS cigarettes got less particulate matter concentrations in different sizes. This may be due to the way IQOS cigarettes operate, as the tobacco is heated, not burned. Time dependant of PM10 and surface area concentration for the three types of cigarettes are shown in figure 1.

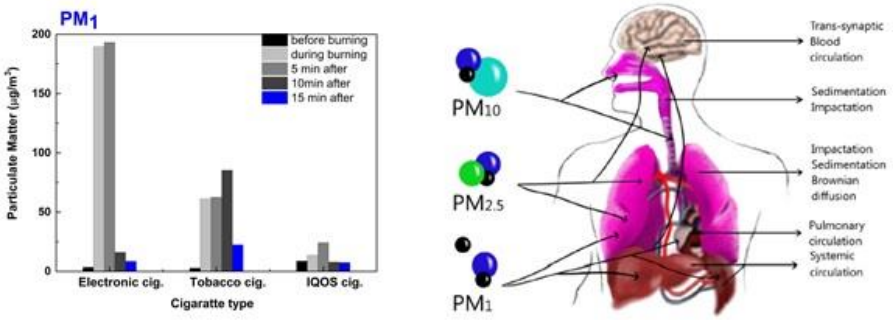


Fig. 1. Time dependant of PM10 and surface area concentration for the three types of cigarettes.

1. Khalaf H.N., Mostafa M.Y.A., Vasyanovich M., Zhukovsky M. Applied Radiation and Isotopes 145, 95-100.

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ, ЧАСТИЧНО ПОКРЫТОГО СЕРЕБРОМ

Киселева М.А.[1], Соковнин С.Ю.[1, 2], Балезин М.Е.[2]

[1)] Уральский Федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина
[2)] Институт электрофизики Уро РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: vereshhagina1997@mail.ru

INVESTIGATION OF ANTIBACTERIAL AND PHOTOCATALYTIC PROPERTIES OF ALUMINUM OXIDE PARTIALLY COATED WITH SILVER

Kiseleva M.A.[1], Sokovnin S.Yu. [1, 2], Balezin M.E.[2]

[1)] Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg
[2)] Institute of Electrophysics of the Ural Branch of RAS, Yekaterinburg

To product aluminum oxide coated with silver, a radiation-chemical method was used using a nanosecond electron beam. Studies of antibacterial properties have shown the effectiveness of Al_2O_3Ag96 against strains of E. coli and S. aureus bacteria.

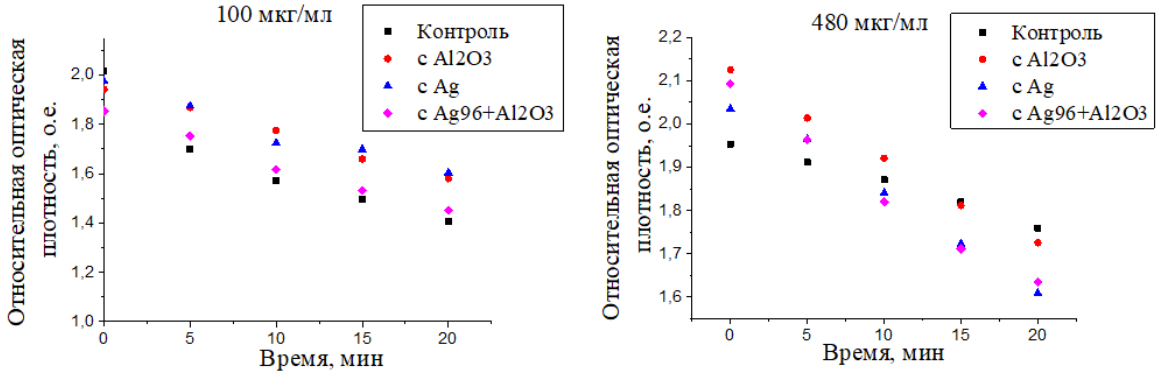
Фотокаталитические процессы [1] находят широкое применение в науке и технологиях, например, очистке бытовых и сточных вод с целью их повторного использования. Химические реакции более быстро происходят в присутствии катализаторов. Перспективным катализатором является нанопорошок (НП) оксида алюминия, частично покрытый наноразмерным слоем серебра [2]. Наличие антибактериальных свойств у катализатора позволит одновременно выполнять две задачи – очистку и дезинфекцию сточных вод.

Оксид алюминия, покрытый серебром, был получен на основе радиационно-химической технологии на наносекундном ускорителе электронов УРТ-0,5 [3]. Раствор для облучения был приготовлен следующим образом: 69 г сорбита (шестиатомный спирт) растворили в 100 мл дистиллированной воды, добавили 0,6 г $AgNO_3$ и 0,7 г Al_2O_3. После облучения суспензию разделили на 2 части в зависимости от времени осаждения: 15 часов – Al_2O_3Ag15 и 4 суток – Al_2O_3Ag96. По результатам микроскопического и EDX-анализов определили толщину и долю поверхностного покрытия оксида алюминия серебром. Для НП Al_2O_3Ag15 размер составил 50 нм, а доля серебряного покрытия 2-3%; для Al_2O_3Ag96 размер – 80 нм, а доля покрытия 16 % – 40 % [4].

Антибактериальные свойства НП были исследованы двумя способами: подсчет клеток с помощью камеры Горяева и диско-диффузионный метод [5]. Для первого способа были использованы винные дрожжи. В каждой серии экспериментов одна из чашек была контрольной пробой, а в остальных концентрация НП

Al_2O_3, Ag, Al_2O_3Ag96 и Al_2O_3Ag15 составляла 100 мкг/см2 и 200 мкг/см2 соответственно. Антибактериальные способности композита при обеих концентрациях превышают (48-61%) свойства Al_2O_3 и Ag при отдельном воздействии на дрожжи, при этом крупный композит (Al_2O_3Ag96) обладает большей биологической эффективностью, чем мелкий (Al_2O_3Ag15) [4].

При помощи диско-диффузионного метода оценивали антибактериальные свойства НП против E. coli и S. aureus. В результате исследований установили, что Al_2O_3 не проявил никакого бактерицидного эффекта против исследуемых бактерий, а Ag и Al_2O_3Ag96 проявили слабый антибактериальный эффект.



а *б*

Рис. 1. Фотокаталитические свойства НП при разной концентрации: а – 100 мкг/мл, б – 480 мкг/мл.

Для оценки фотокаталитических свойств в качестве имитатора грязи был использован метиловый фиолетовый, который растворили в дистиллированной воде. Для первой серии концентрация частиц была 100 мкг/мл, для второй серии 480 мкг/мл. Каждую чашку облучали 4 раза по 5 минут ультрафиолетовым излучением (УФИ) и после каждого облучения измеряли оптическую плотность на спектрофотометре Экрос ПЭ-5400УФ. Был проведен анализ зависимости оптической плотности от времени воздействия УФИ (Рис. 1). При концентрации 100 мкг/мл все порошки проявили фотопротекторные свойства, а при концентрации 480 мкг/мл – фотокаталитические, причем наибольшую скорость фотодеструкции имел раствор с композитом при обеих концентрациях (2,42). Полученные данные об оксиде алюминия, покрытом серебром, могут быть использованы для дальнейшего исследования НП в направлении фотокаталитических методов обеззараживания воды.

Институту электрофизики УрО РАН за получение НП, Уральскому федеральному университету за помощь в исследовании фотокаталитических и антимикробных свойств. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Свердловской области в рамках научного проекта № 20-48-660019 р_а.

1. Кофман В. Я., Водоснабжение и санитарная техника, №10, 68–78 (2013).

2. Tanori J., Vargas D. et al. Abstract book of the BIT's 8th Annual World Congress of Nano Science & Technology-2018, (Postdam), p. 112, (2018).

3. М.Е. Балезин, В.В. Базарный, Карбовничая Е.А., С.Ю. Соковнин. Российские нанотехнологии, 6(9-10), 42- 46 (2011).

4. Киселева М.А., Соковнин С.Ю., Балезин М.Е., Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов, 11, 161-168 (2019).

5. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам: Методические указания.—М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 91 с, (2004).

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЗАПОТЕВАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ

Киселева М.С.[1, 2], Бурдина Е.И.[1], Сафонов А.И.[3], Старинский С.В.[3]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

[2)] ООО фирма «Тритон-ЭлектроникС», г. Екатеринбург, Россия

[3)] Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Россия

E-mail: kiseleva.marija@gmail.com

ANTI-FOGGING COATINGS FOR MEDICAL DEVICE APPLICATION

Kiseleva M.S.[1, 2], Burdina E.I.[1], Safonov A.I.[3], Starinskiy S.V.[3]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

[2)] Triton Electronics Systems , Yekaterinburg, Russia

[3)] Kutateladze Institute of Thermophysics, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Anti-fogging coatings are widely used in industry, including medical device manufacturing. Potential application of superhydrophobic and superhydrophilic surfaces for manufacturing of airway adapter of mainstream capnometer had been studied.

Незапотевающие покрытия успешно применяются для производства оптических и защитных элементов в различных областях промышленности [1], в том числе медицинской при производстве видеоэндоскопов, различных оптических датчиков и приборов.

В данной работе рассматривается применение специализированных покрытий для изделия медицинского назначения: многоразового адаптера для датчика капнографии в прямом потоке для регистрации изменения концентрации углекислого газа на выдохе, измеряемого непосредственно в контуре пациента методом инфракрасной (ИК) спектрофотометрии. Адаптер представляет собой кювету, через которую проходит выдыхаемый пациентом воздух, снабженную окнами для прохождения инфракрасного луча. Внутренняя сторона окон адаптера подвержена образованию конденсата вследствии высокой влажности

выдыхаемого человеком воздуха. Нанесение незапотевающего покрытия позволит отказаться от использования нагревательного элемента для удаления конденсата с окон адаптера, тем самым снизить вес и уровень энергопотребления датчика.

В связи с особенностями применения, к покрытиям предъявляются повышенные требования: прозрачность в ИК-диапазоне, химическая и физическая стабильность в течение всего срока эксплуатации, безопасность для организма человека, высокая устойчивость к дезинфекции и стерилизации. На данный момент в литературе отсутствует информация о существовании долговечного покрытия, отвечающего вышеперечисленным требованиям.

Для предотвращения запотевания применяются как гидрофобные (отталкивающие влагу), так и гидрофильные (образующие тонкую водяную пленку на поверхности) покрытия.

В качестве модельного материала использовался прозрачный в ИК-диапазоне кремний. Супергидрофильные свойства были получены путем обработки поверхности кристаллического кремния (100) Nd:YAG лазером (длина волны 1064 нм, длительность импульса 9 нс) [2]. Нанесение гидрофобного фторполимерного покрытия осуществлялось методом химического осаждения из газовой фазы, активированной горячей каталитической нитью (Hot Wire Chemical Vapor Deposition, HW CVD) на установке, разработанной в Институте теплофизики СО РАН [2]. Полученные поверхности отличаются химической стабильностью, устойчивостью к дезинфекции и стерилизации, а также безопасны для применения в изделиях медицинской техники.

Таким образом, предложенные методы модификации поверхности имеют перспективы для применения при изготовлении изделий медицинской техники, в частности адаптеров для датчика капнометрии прямого потока.

1. Durán I.R., Laroche G., Adv Colloid Interface Sci. 263, 68-94 (2019).

2. Starinskiy S.V., Bulgakov A.V. , Gatapova E.Y. , et al. J Phys D Appl Phys. 51(25) (2018).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА ХРАНЕНИЯ МЯСА ПТИЦЫ

Колеватых Д.О.[1], Селезнева И.С.[1], Баранова А.А.[2]

[1)] Химико-технологический институт, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Российская Федерация
[2)] Физико-технологический институт, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Российская Федерация
E-mail: dimonk.7.ptg@gmail.com

USING IRRADIATION TO EXTEND SHELF LIFE OF POULTRY MEAT

Kolevatykh D.O.[1], Selezneva I.S.[1], Baranova A.A.[2]

[1)] Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russian Federation
[2)] Institute of Physics and Technology, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russian Federation

Food irradiation is a process that reduces the number of pathogenic and spoilage bacteria. As a result of such processing, the food products shelf life increases. This research work is related to the study and evaluation of the effects of radiation on poultry meat.

Облучение пищевых продуктов – это один из самых перспективных методов снижения порчи продуктов за счет уничтожения или уменьшения количества вегетативных патогенных микроорганизмов и паразитов. Он позволяет увеличить срок хранения без использования нагрева или обработки химическими веществами, что благоприятно сказывается на качестве продукта [1]. На сегодняшний день, в качестве источников ионизирующего излучения используются ускоренные электроны, гамма-лучи и рентгеновские лучи. Каждый из них обладает своими достоинствами и недостатками, которые были широко исследованы [2,3]. Механизм действия при этом остается одинаковым. Радиация проникает в еду и абсорбируется микроорганизмами внутри. Энергия излучения дестабилизирует комплексные молекулы в клетке, что ведет к их инактивации и разрушению или гибели клетки.

Несмотря на то, что облучение пищевых продуктов начало применяться еще в середине 20 века, на сегодняшний день оно все еще не получило должного распространения. Это может быть связано с предубеждениями потенциальных покупателей и их опасениями относительно безопасности облученной пищи [2]. Однако исследования показывают, что применение облучения пищевых продуктов в дозах, не превышающих 10 кГр, абсолютно безопасно для человека [1].

Мясные продукты, в частности мясо птицы, является одним из главных объектов возможного применения облучения [3]. К основным патогенным организмам, присутствующим в мясе птице, относятся представители Enterobacteriaceae (например, Salmonella spp., Escherichia coli, Shigella spp., Yersinia spp.), неспорообразующие грамположительные бактерии (например, Staphylococcus aureus,

lysteria monocytogenes), вегетативные формы спорообразующих патогенов (например, Clostridium perfringens, Bacillus cereus). Исследования показали, что облучение мяса позволяет снизить присутствие патогенных бактерий и увеличить срок его годности [4,5]. Также было отмечено улучшение визуальных показателей после обработки [4].

В настоящей работе в качестве объекта исследования использовали свежее мясо птицы - куриные бедра. Образцы облучали на линейном ускорителе электронов модели УЭЛР-10-10С2 в инновационно-внедренческом центре радиационной стерилизации Физико-технологического института УрФУ. Проводили органолептические и бактериологические исследования образцов до и после обработки. В дальнейшем планируется расширить линейку доз и провести исследования на мороженой продукции из мяса птицы.

1. Dieter Ehlermann. Food Chemistry, 285, 363–368 (2019).
2. J.E. Prejean. Food irradiation: why aren't we using it? Harvard Law School, (2001).
3. Ferreira et al. Food Irradiation Technologies: Concepts, Applications and Outcomes. The Royal Society of Chemistry, (2018)
4. Ahn, Dong Uk et al. Poultry science, 92(2), 534–545 (2013).
5. Song, Beom-Seok et al. Radiation Physics and Chemistry, 144, 211–217 (2017).

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЬЮРИНГОВСКИХ ПАТТЕРНОВ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МОДЕЛЯХ РЕАКЦИИ-ДИФФУЗИИ С АВТОКОЛЕБАНИЯМИ

Колиниченко А.П.[1], Ряшко Л.Б.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: kolinichenko.ale@gmail.com

ANALYSIS OF TURING PATTERNS IN DISTRIBUTED REACTION-DIFFUSION MODELS WITH SELF-OSCILLATIONS

Kolinichenko A.P.[1], Ryashko L.B.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A distributed reaction-diffusion with oscillations is viewed. It is shown that diffusion flow can suppress an established self-oscillatory mode and cause stable pattern formation. Different scenarios are studied in order to analyze the multistable behavior in the parametric zone of the oscillations.

Модели с самоорганизацией являются объектом изучения во многих областях современной науки. В одних случаях самоорганизация приводит к установлению фиксированного устойчивого состояния, в то время как в других устанавливается

упорядоченный динамический режим, например, автоколебания. Очень часто в одной системе могут одновременно действовать несколько механизмов самоорганизации.

В данной работе рассмотрена осциллирующая распределенная система реакции-диффузии. Показано, что в системе наблюдаются два типа бифуркации: Андронова-Хопфа и Тьюринга. Известно, что в зоне неустойчивости Тьюринга в системе образуются устойчивые неоднородные структуры (паттерны). В этой зоне количество различных структур может быть велико.

Целью работы является исследование сценариев подавления диффузией колебательного режима. Показано, что система проявляет мультистабильность в соответствующей параметрической зоне. Проведено сопоставление с исследованной ранее зоной диффузионной неустойчивости.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект №16-11-10098).

ПРИМЕНЕНИЕ МАЛЫХ ДОЗ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ РОСТА И СТИМУЛЯЦИИ

Коротовских О.И.[1], Вазиров Р.А.[1], Баранова А.А.[1], Агданцева Е.Н. [1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: Olkoriya@yandex.ru

USE OF LOW DOSES OF IONIZING RADIATION FOR GROWTH AND STIMULATION

Korotovskikh O.I.[1], Vazirov R.A.[1], Baranova A.A.[1], Agdantseva E.N.[1]
[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin

Ionizing radiation is one of the physical effects that biological objects are exposed to. A huge amount of experimental and observational material has been accumulated and shows that, the manifestation of hormesis is quite real under the influence of radiation.

Биосинтетические процессы, протекающие в дрожжевой клетке, достаточно легко поддаются регуляции. Поэтому, зная зависимость между конкретными условиями окружающей среды и теми или иными сторонами жизнедеятельности дрожжевой культуры, можно целенаправленно изменять ее рост, развитие и обмен веществ. Создание и поддержание определенных условий культивирования дрожжей позволяет управлять ходом ферментационного процесса [1].

Одним из физических воздействий, которому подвергаются биологические объекты, является ионизирующее излучение. К настоящему времени накоплен огромный экспериментальный и наблюдательный материал, показывающий, что

под воздействием излучения проявление гормезиса (т.е. неспецифического эффекта воздействия на биологические объекты в малых дозах или концентрациях, противоположные повреждающим эффектам при действии в больших дозах) вполне реально [2].

Гормезис – это термин, который появился в токсикологии. Со всеми токсичными соединениями может наблюдаться эффект гормезиса, и было установлено, что канцерогены оказывают влияние на подавление рака при низких дозах препарата. Радиационный гормезис нашел подтверждение в многочисленных исследованиях [3].

Авторы [4] сообщают о стимулирующем рост воздействии низких доз радиации. Известно, что различные стимулы ускоряют рост насекомых и растений. К таким раздражителям относятся ультрафиолетовое излучение, магнитные и электромагнитные поля, микроволны, ультразвук и низкодозное излучение. Они показали, что личинки шелкопрядов становились крупнее при разведении на листах с излучением низкой дозы излучения, содержащих радиоизотопы (мощность дозы излучения-3,8 0,3 Св / ч) [5].

Гормезисные эффекты, производимые радиацией в малых дозах, характеризуются теми же свойствами, что и при химическом гормезисе [4].

1. Пермякова Л. В. Техника и технология пищевых производств, 42(3) (2016).
2. Obodovskiy I. Radiation 1st Edition // Elsevier (2019).
3. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика (ионизирующее излучение). М. : ФИЗМАТЛИТ (2004).
4. Shibamoto Y., Nakamura H. International journal of molecular sciences, 19(8), 2387 (2018).
5. Shibamoto Y. et al. Dose-Response, 15(4), 1559325817735252 (2017).

ИНГИБИРОВАНИЕ ПРОРАСТАНИЯ КАРТОФЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Костина Е.В.[1], Баранова А.А.[1], Вазиров Р.А.[1], Селезнева И.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: kaatya_kostina@mail.ru

INHIBITION OF POTATO SPROUTING BY IONIZING RADIATION

Kostina E.V.[1], Baranova A.A.[1], Vazirov R.A.[1], Selezneva I.S.[1]
[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

The purpose of the work is to study the possibility of using an accelerated electron beam for processing potatoes, as well as to search for the dose at which suppression of germination without the formation of radicals is observed.

Картофель – один из самых популярных продуктов в рационе российского потребителя. Около 20-25 % массы клубней составляют углеводы (крахмал), 0,10-0,15 % – липиды и около 2 % – белковые вещества. Белок клубней имеет высокую биологическую ценность (в среднем 85%), поскольку содержит в своем составе много незаменимых аминокислот.

Но все полезные свойства картофеля могут быть потеряны при неправильном и длительном хранении. Так, при появлении ростков уменьшается питательная ценность картофеля, кроме того в составе картофельной кожуры резко повышается количество α-соланина и α-чаконина. Поэтому предотвращение позеленения картофеля является важной задачей для производителей. α-Соланин и α-чаконин представляют собой растительные гликозиды, токсичные для организма человека и животных, при поступлении с пищей в количестве 200-400 мг вызывают сильные отравления.

В России подавление прорастания осуществляется обработкой с помощью регуляторов роста на основе хлорпрофама или же хранение клубней при пониженных температурах в пределах 2-4 ^{0}C. Метод с использованием химических ингибиторов получил большее распространение, но он требует специальных защитных мероприятий для персонала, кроме того, после обработки на клубнях могут оставаться продукты распада реагентов. Поэтому необходимо найти более экологичный способ обработки, без негативных последствий.

Целью данной работы являлось исследование возможности и эффективности использования ускоренного пучка электронов с энергией 10 МэВ, а также поиск дозы, при которой наблюдается наилучшее подавление прорастания без образования радикалов в клетках клубня картофеля.

Обработка картофеля осуществлялась на линейном ускорителе электронов модели УЭЛР-10-10С2 на базе Физико-технологического института. Использовалась линейка доз: 50, 100 и 150 Гр. Для определения поглощенной дозы и

контроля облучения использовались пленочные дозимтеры СО ПД(Ф)Р – 5/50, ГСО 7865-2000 и индикаторы поглощенной дозы ЦВИД-3 ТУ 6-43-971.П-89.

По истечении 6 месяцев произведено сравнение внешних признаков прорастания 4 групп картофеля, с учетом контрольного образца. Также для оценки качества обработанного картофеля применяли методы качественного анализа и микроскопирования гранул крахмала контрольного образца (I) и образца (II), который был облучен дозой 150 Гр.

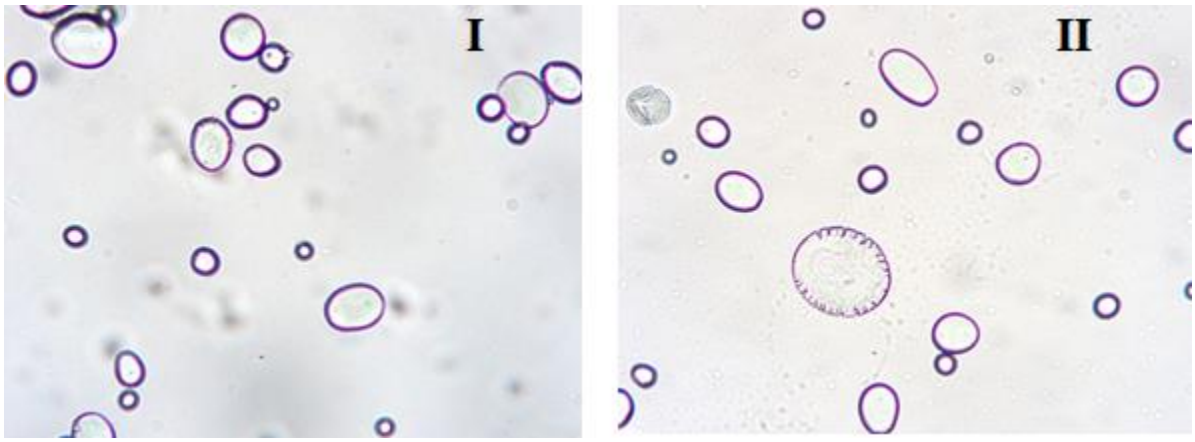


Рис. 1. Контрольный образец (I) и образец, облученный 150 Гр (II).

При проведении качественной реакции с раствором йода суспензия крахмала, выделенного из образца I, приобрела синий цвет на несколько оттенков темнее, чем суспензия крахмала из образца II. Это свидетельствует о более высоком содержании амилопектина в 1 образце. На рис. 1 видно, что гранулы крахмала из необработанного образца имеют округлую и овальную форму, ровные контуры и гладкую поверхность. В то время, как края гранул крахмала образца II такой же формы не являются четкими, встречаются гранулы с микротрещинами и расколами. Это может быть связано с растрескиванием крахмальных зерен в результате разогрева картофельных клубней в процессе облучения.

1. Туманян А.Ф., Тютюма Н.В., Щербакова Н.А. Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство, № 2 (2016).

2. Цыганов М.С., Никитина Е.В. Вестник технологического университета, № 20 (2017).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ДЛЯ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА ОДИНОЧНЫХ КАРДИОМИОЦИТАХ

Крылов О.А.[1], Волжанинов Д.А.[1, 2], Хохлова А.Д.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: kryloff.oleg2010@yandex.ru

MATERIALS AND METHODS FOR BIOMECHANICAL EXPERIMENTS ON SINGLE CARDIOMYOCYTES

Krylov O.A.[1], Volzhaninov D.A.[1, 2], Khokhlova A.D.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Immunology and Physiology, Russian Academy of Sciences

This study is devoted to analysis of the methods and materials used in biomechanical experiments on single cardiomyocytes. Using these methods, one can analyze a wide range of cell characteristics – passive viscoelastic and active contractile properties.

Исследование сократительной функции миокарда является актуальной задачей физиологии и трансляционной медицины. Исследования на одиночных кардиомиоцитах (мышечных клетках сердца) позволяют выявить молекулярно-клеточные механизмы регуляции механической функции миокарда и требуют привлечение спектра сложных экспериментальных методик и дополнительных синтетических материалов.

Целью данной работы является подбор методик и материалов для анализа пассивных и активных сократительных свойств кардиомиоцитов.

Одиночные кардиомиоциты предсердий и желудочков сердца крысы были получены методом перфузии сердца крысы по Лангендорфу с авторскими модификациями [1]. Все эксперименты были выполнены при комнатной температуре.

Исследования проводились на разработанной ранее экспериментальной установке [2], включающей в себя систему микроманипулирования и систему регистрации сократительной активности кардиомиоцита и его саркомеров – основных структурно-функциональных единиц клетки.

Для исследования пассивных и активных сократительных свойств кардиомиоцитов использовалась методика четырёх карбоновых волокон (КВ), которые крепятся к мембране кардиомиоцита при помощи электростатических сил. При этом держатель КВ монтируется на микроманипуляторе, на который подается управляющий сигнал [3].

В работе была проанализирована возможность использования стандартных КВ и волокон повышенной жесткости (Tsukuba Materials Information Laboratory, Япония), а также волокон и из огнеупорной ткани.

Для исследования пассивных свойств без электрической стимуляции кардиомиоцита были определены продольная, поперечная и сдвиговая жесткость, а также вязкостные свойства клеток.

Продольная деформация определялась при растяжении кардиомиоцита вдоль его длинной оси и оценке наклона кривой «сила- длина клетки». Поперечная деформация измерялась при использовании полимерной микросферы диаметром 5 мкм, на которое было установлено КВ. Поперечную жёсткость клеток определяли по оценке наклона кривой «сила- глубина вдавливания». Для исследования сдвиговой жесткости может быть использовано стекло (толщина 5 мкм; Glass Flakes, REF-160; Nippon Sheet Glass, Tokyo, Japan), которое при помощи КВ помещается сверху на мембрану клетки. При перемещении КВ с определенным шагом определяется сдвиговое напряжение [4].

Для определения вязкостных свойств кардиомиоцитов на микроманипуляторы подавались пилообразные команды движения. Ответный сигнал развиваемой пассивной силы отличался по амплитуде и фазе, и на основании этих смещений можно оценивать вязкостные свойства кардиомиоцита [5].

Активная сила клетки измерялась при ее стимуляции электрическим полем 1 Гц по ее деформации в сократительном цикле.

Дальнейшее исследование и разработка экспериментальных методик и материалов для биомеханических экспериментов на кардиомиоцитах будет заключаться в разработке и создании дополнительных модификаций для расширения спектра экспериментов и исследуемых данных.

Работа выполнена в рамках госзадания ИИФ УрО РАН (тема № АААА-А19-119070190064-4) и поддержана грантом Президента РФ №-949.2019.9.

1. Myachina T. A., Butova X. A., Khohlova A. D. AIP Conference Proceedings, 2174, 020140 (2019).

2. Volzhaninov D., Lookin O., Antsygin I., Khokhlova A. Proceedings of 2018 The 2nd International Conference on Computer Science and Artificial Intelligence, 455-458 (2018).

3. Iribe G., Kaneko T., Yamaguchi Y., Naruse K. Progress in Biophysics and Molecular Biology, № 115, 103–114 (2014).

4. Nishimura S., Nagai S., Katoh M., Yamashita H., et al. Circulation Research, № 98, 81-87 (2006).

5. Кобелев А.В., Смолюк Л.Т., Кобелева Р.М., Проценко Ю.Л. Нелинейные вязкоупругие свойства биологических тканей. - Екатеринбург: РИО УрО РАН, (2012).

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ НАНОПОРОШКОВ Al_2O_3+Ag НАПРАВЛЕННЫ НА ДОСТАВКУ ЛЕКАРСТВ

Малова О.А.[1], Соковнин С.Ю[1], Балезин М. Е.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: olma_20@mail.ru

OBTAINING AND INVESTIGATION OF PROPERTIES OF MULTI-MODAL NANOPOWDERS Al_2O_3+Ag FOR TARGETED DRUG DELIVERY

Malova O.A.[1], Sokovnin S. Yu.[1], Balezin M.E.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

The purpose of my work is to verify the bioefficiency of nanopowders (NPs). For this, three experiments will be carried out. Antibiotic, antibiotic in capsules (nanopowder), antibiotic in capsules (nanopowder) coated with silver. Tantalates as silver-coated drug carriers will also be investigated.

На протяжении последних лет, проводилось множество исследований нанопорошков, а так же наночастиц серебра, такой интерес вызван широким спектром их свойств.

Наноразмерный порошок оксида алюминия (Al_2O_3) является интересным и перспективным объектом исследования. Из-за отсутствия токсичного действия на организм препараты на основе данного НП могут найти применение в медицине, представляя широкий интерес для разработки систем доставки в связи с его хорошей общей биосовместимостью, высокой удельной поверхностью, размером пор и возможностью поверхностной функционализации. О целебных свойствах серебра человечеству известно давно. Однако сравнительно недавно ученые пришли к заключению, что больше пользы можно получить от серебра в виде НЧ. Серебро имеет противомикробное действие. Покрывая исследуемый нами НП серебром (Al_2O_3+Ag), мы сможем расширить спектр действия и применения, улучшить свойства мультимодальности, антибактериальности, а также способствовать на доставку препарата.

Целью моей работы является загрузка, оценка загрузки НП в лекарство, проверка биоэфективности нанопорошков (НП). Для этого будут проведены три эксперимента. Антибиотик, антибиотик в капсулах (нанопорошка), антибиотик в капсулах (нанопорошка) покрытый серебром. Также будут исследованы танталаты как носители лекарств, покрытые серебром. Далее проводится проверка на биоэфективность. Порошок исследования Al_2O_3 (возможно еще один порошок с магнитными свойствами будет использован для сравнения), антибиотик амоксициклин, покрытие-нано частицы серебра.

Для проведения экспериментов были освоены различные технологии загрузки, которые позволят в ближайшее время сделать все вышесказанные эксперименты.

Существует множество способов получения НП. Одним из которых является облучение наночастиц на ускорителе электронов. Порошки, которые будут исследоваться получены этим способом.

Данное направление исследования является в биомедицине одним из перспективных, так как позволяет получить комплексное действие композита, которым в работе является Al2O3, и серебра, что влияет на биоэффективность.

1. Киселева М.А., Соковнин С.Ю., Балезин М.Е. Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов 10, 345–351 (2018)

2. Соковнин С.Ю. Наносекундные ускорители электронов для радиационных технологий. Монография. – Екатеринбург : УрО РАН (2007).

EVALUATION OF THE DOSIMETRIC PARAMETERS FOR 252CF DURING INTERSTITIAL BRACHYTHERAPY OF HEAD AND NECK ORGANS

Medzhidov I.M.[1], Basova M.A.[1], Kurachenko Yu.A.[1]

[1)] Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russia
E-mail: immedzhidov@mail.ru

Dosimetric calculations of the main parameters of interstitial brachytherapy of the head and neck organs with the 252Cf source were performed. 10 cases of low-power brachytherapy were analyzed. The concept of precision modeling of the interstitial brachytherapy scenario is formulated.

Treatment of malignant neoplasms of the head and neck is an actual problem in the worldwide. The method of interstitial brachytherapy using needle sources 252Cf allows to destroy of malignant cells in the head and neck. This isotope has its origin since 1970, when the whole world was interested in the use of this source for therapeutic purposes and not only.

The fission and decay of a nuclide is accompanied by the emission of neutrons (3.1 %), alpha-particles (96.9%), β-particles, x-ray and gamma radiation [1]. One of the most important characteristics of 252Cf is its effective half-life - 2,646 years. During interstitial brachytherapy, the main contribution to the dose is made by neutron and gamma radiation. The value of the average neutron energy is 2.35 MeV. The average energy of y-radiation is 1 MeV [1].

The technique of interstitial brachytherapy of the head and neck organs is performed using the Paris system [2]. According to this system, radioactive sources are distributed in one plane, or in two parallel planes. Sources must have the same linear density, located in the tissues parallel to each other and at equal distances. Based on

this, special schemes for placing needle sources were introduced – triangle, square, 2 square and ellipse. Strict adherence to the rules of the system guarantees a uniform average dose throughout the target volume. The dose drop does not exceed ±10 %.

In the period from January 2018 to May 2018, 10 patients were treated with interstitial brachytherapy at the Medical Radiological Research Center named after A. F. Tsyb. For 6 patients, the ellipse scheme was chosen, for the other 4 patients – "2 square". The dose chosen by the doctor for the neutron component was 8 Gy in all 10 cases. As mentioned above, the main contribution is due to the neutron and gamma components, but when planning and determining the therapeutic dose – the gamma radiation is not considered.

In this work, we analyzed the main parameters of the gamma component in interstitial brachytherapy, namely: the dose rate, the dose rate at the reference point and the total dose received by the gamma component. At a therapeutic dose of 8 Gy by neutron radiation, about 4-5 Gy comes from gamma radiation, which is quite significant.

For further evaluation of gamma radiation, the task of modeling the scenario of interstitial brachytherapy using the transport code – MCNP [3] was set. A voxel phantom of the head – "Zubal Phantom" (Fig. 1) [4] was chosen as the object of precision irradiation.

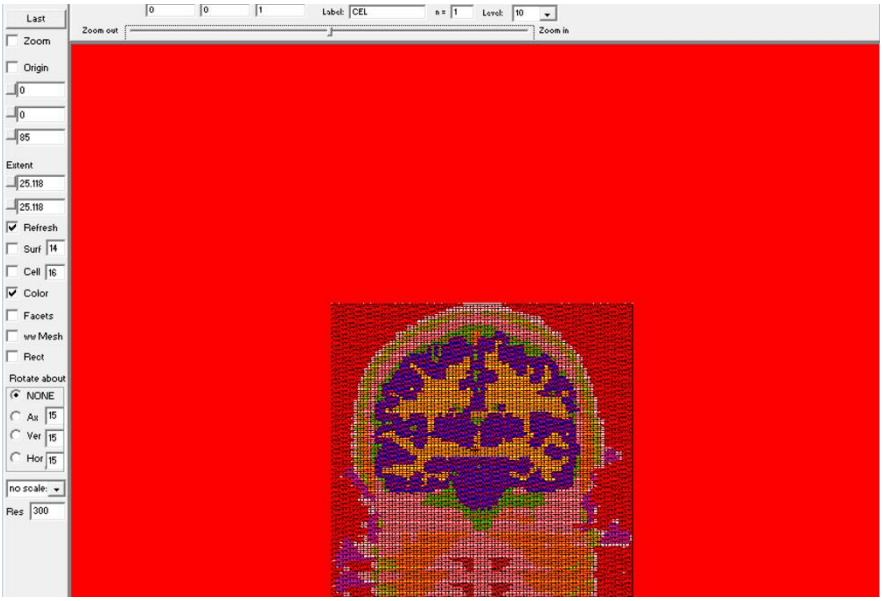


Fig. 1. The voxel phantom of the head "Zubal".

During the study, it is planned to evaluate the contribution of neutron and gamma radiation to the tumor area and obtain the values of the absorbed, equivalent and effective dose. Also, evaluate the dose received on critical organs and tissues.

1. Б. М. Втюрин, В. Н. Иванов, А. Г. Коноплянников. Эффекты нейтронного и гамма-излучений источников на основе 252Cf; под ред. А. Ф. Цыба (1986).

2. Б. М. Втюрин, В. Н. Иванов, Л. Ф. Иванова, С. А. Абдулкадыров // Методика внутритканевой лучевой терапии опухолей радиоактивными препаратами 60Co и 252Cf

способом последовательного ручного введения интрастатов и источников излучения; под ред. Академика АМН СССР А. С. Павлова (1982).

3. X-5 Monte Carlo Team. MCNP – A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5. Volume I: Overview and Theory. LA-UR-03-1987; 2003 P. 21 – 12

4. http://noodle.med.yale.edu/zubal/

ALGORITHM FOR CALCULATING THE DISTANCE BETWEEN THE ELECTRODES ON X-RAY IMAGES

Samiyaa Yaseen Mohammed[1], Chumarnaya T.V.[1, 2], Ushenin K.S.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Immunology and Physiology Ural Branch of the RAS, Ekaterinburg, Russia
E-mail: sami.albarzanji@yahoo.com

We propose a method for the segmentation of implanted electrodes and electrodes tips location in X-ray images of the human torso.

The detection of artificial objects in medical images is an important problem with a wide area of applications. For example, it is required for the assessment of electrodes position in X-ray images. This may be suitable for post-surgery checks such as analysis of electrode status after implantation of artificial pacemakers and devices of cardiac resynchronization therapy.

In our work, we propose a method for the detection of electrodes and electrodes tips in X-ray images of the human torso. Our solution is based on a convolutional neural network with U-Net architecture [1]. We trained this neural network in 30 X-ray images and validated it in 13 images of our original dataset. The neural network correctly reconstructs electrode shadows in X-ray images. Maximal difference between predicted and the real position of electrode tips was not more than 5 mm.

Also, we analyzed the effect of hyperparameters and augmentation approaches on the performance of the neural network. Optimal learning rate equal to 0.001. Changes in image brightness are the most effective augmentation method to improve neural network performance in our set of x-ray images.

We suppose that our solution may find application in clinical practice.

This work was supported by RF Government Act #211 of March 16, 2013.

1. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention, 234-241 (2015).

ВЫЯВЛЕНИЕ ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ И СИСТЕМА ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СПОРТСМЕНОВ В ХОККЕЙНОЙ ПРАКТИКЕ

Мулин А.А.[1], Вазиров Р.А.[1], Луганский Н.В.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский государственный лесотехнический университет
E-mail: kelebrindal2013@yandex.ru

IDENTIFICATION OF OVERTRAINING AND A SYSTEM FOR RESTORING ATHLETES' PERFORMANCE IN HOCKEY PRACTICE

Mulin A.A.[1], Vazirov R.A.[1], Luganskii N.V.[2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural State Forest Engineering University

Overtraining syndrome is a serious problem for an athlete, primarily manifested in a decrease in performance. A database with individual input parameters is an effective way to diagnose overtraining, its degree with the subsequent appointment of a personal treatment plan to exit this condition.

Перетренированность – физическое и эмоциональное состояние, которое возникает, когда объём и интенсивность тренировочной программы превышает восстановительные способности. Основные причины: превалирование микротравмирования мышц над скоростью их восстановления, дефицит питательных веществ в рационе, истощение центральной нервной системы во время тренировок, нарушение режима сна. Следовательно, огромное значение приобретает персонализация тренировочного процесса: использование оптимальной нагрузки, соответствующей возможностям конкретного спортсмена.

В первую очередь, данная работа посвящена выявлению степени перетренированности спортсменов или заключению о ее отсутствии на основе базы данных. В качестве входных параметров выступают следующие показатели: возраст, вес, количество тренировок и сна в неделю, отсутствие аппетита, наличие усталости, мышечной боли, появление раздражительности, вариабельность ритма сердца во время подъема в вертикальное положение, субмаксимальная частота сердечных сокращений и ряд других.[1] Вначале значения заносят сами спортсмены, затем предлагается ответить «да» или «нет» на ключевые вопросы.

Вторая задача – произвести мероприятия для восстановления работоспособности. Различают три степени перетренированности в зависимости от тяжести. Проще всего поддается лечению первая, поэтому очень важна ранняя диагностика. Основные средства восстановления следующие: гигиенические (полноценный сон и отдых между тренировками), физические (массаж,

электропроцедуры, световое облучение, гидропроцедуры), фармакологические и сбалансированное питание.[2]

Исследования проводятся среди молодежной хоккейной команды «Спартаковец» города Екатеринбурга. Помимо диагностики перетренированности параллельно проводятся тестирования хоккеистов на лабораторном оборудовании «Biopak» физико-технологического института УрФУ, замеры физических показателей на льду, корректировка рациона питания. В конечном итоге, осуществляется корреляция между заключением базы данных о состоянии спортсменов и динамикой измеряемых показателей в течение тренировочного и игрового сезонов.

База данных позволяет выявить перетренированность у спортсмена и определить дальнейшие действия для ее лечения. Таким образом, результаты данной работы перспективны для спортивных команд в медико-биологической практике.

1. Petibois C., Cazorla G., Poortmans J.R., Deleris G. Sports Med. 32 (13), 867-878 (2002).

2. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте: Общая теория и ее практическое приложение: Учеб. для студ. вузов физического воспитания и спорта / В.Н. Платонов. – Киев : Олимпийская литература, (2004).

ПРИМЕНЕНИЕ ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЭЛЕКРОМЕХАНИЧЕСКОЕ СОПРЯЖЕНИЕ КЛЕТОК СЕРДЦА

Мячина Т.А.[1, 2], Бутова К.А.[1, 2], Клинова С.В.[3], Хохлова А.Д.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: myachina.93@mail.ru

THE USE OF FLUORESCENT DYES TO STUDY THE EFFECTS OF PATHOLOGICAL CONDITIONS ON THE ELECTROMECHANICAL COUPLING IN CARDIOMYOCYTES

Myachina T.A.[1, 2], Butova X.A.[1, 2], Klinova S. V. [3], Khokhlova A.D.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Immunology and Physiology, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[3)] Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, Russia

The data on the integrated effects of pathological conditions on the electromechanical function of atria and ventricles is limited. In this study we used fluorescent dyes to study the effects of hypoestrogenism on the structure and function of single rat atrial and ventricular cardiomyocytes.

Изучение процессов, лежащих в основе структурно-функционального ремоделирования миокарда, а также механизмов его адаптации к патологическим условиям представляет как фундаментальный, так и прикладной интерес. Однако мало известно о комплексном влиянии патологических условий, в частности, вызванных метаболическими нарушениями вследствие гормонального дисбаланса, на функцию миокарда всех камер сердца на клеточном уровне его организации.

Целью данной работы являлось применение флуоресцентных красителей для исследование влияния гипоэстрогении на структуру и электрофизиологическую и сократительную функцию одиночных кардиомиоцитов предсердий и желудочков сердца крысы.

Эксперименты проводились на взрослых крысах линии Wistar в соответствии с положениями, изложенными в Директиве 2010/63/EU. Для моделирования гипоэстрогении (снижения выработки эстрогенов) у самок крыс в возрасте 12-13 недель проводилась билатеральная овариоэктомия (удаление яичников). Для оценки состояния сердечно-сосудистой системы при гипоэстрогении у экспериментальных животных определялись параметры ЭКГ и артериального давления.

Через 6 недель после овариоэктомии одиночные кардиомиоциты были получены методом ретроградной перфузии изолированного сердца крысы по Лангендорфу с авторскими модификациями [1, 2].

Для оптической регистрации мембранного потенциала к суспензии кардиомиоцитов добавлялся потенциал-чувствительный краситель di-8-ANEPPS (возбуждение – 488 нм, эмиссия – 564-700 нм) в концентрации 20 мкМ. Данный краситель который также использовался для визуализации плотности распределения Т-тубул – впячиваний клеточной мембраны.

Для оценки динамики ионов Ca^{2+} в цитозоле клетки в ходе сократительного цикла и кальциевых спарков (локальное повышение концентрации Ca^{2+} в разных участках миоплазмы) кардиомиоциты окрашивались Ca^{2+}-чувствительным флуорофором fluo-8-AM (возбуждение – 488 нм, эмиссия – 484-561 нм) в концентрации 2.5 мкМ.

Регистрация свечения флюорофоров di-8-ANEPPS и Fluo 8-AM выполнялась при помощи системы лазерной конфокальной микроскопии (LSM-710, Carl Zeiss, Германия) и программного обеспечения Zen2009 (Carl Zeiss, Германия).

Одновременно с записью мембранного потенциала и динамикой ионов кальция в узком продольном регионе на поверхности клеток осуществлялась регистрация сокращений кардиомиоцитов при использовании отдельного канала регистрации видимого изображения.

Было показано, что применение Ca^{2+}- и потенциал-чувствительных флуоресцентных красителей позволяет выявить изменения в структуре и функции миокарда возникшие в ходе развития гипоэстрогении.

Работа поддержана РФФИ № 20-315-70006.

1. Ackers-Johnson M., Li P., Holmes A., O'Brien S.-M., Pavlovic D., Foo R. Circulation research, 119, 909-920 (2016).

2. Myachina T. A., Butova X. A., Khohlova A. D. AIP Conference Proceedings, 2174, 020140 (2019).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ЦЕРИЯ В КАЧЕСТВЕ ФОТОКАТАЛИЗАТОРА

Мышкина А.В.[1], Бажукова И.Н.[1], Бакшеев Е.О.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет
E-mail: a.v.myshkina@urfu.ru

THE USE OF CERIUM DIOXIDE NANOPARTICLES AS A PHOTOCATALYST

Myshkina A.V.[1], Bazhukova I.N.[1], Baksheev E.O.[1]
[1)] Ural Federal University

Cerium dioxide nanoparticles can be used as a photocatalyst, and its activity will largely depend on various factors, such as particle size and shape, non-stoichiometry as well as the post-processing of particles. In this work, the activity of cerium dioxide nanoparticles obtained by various method.

Наночастицы диоксида церия могут быть использованы в качестве фотокаталитического реагента из-за возможности перехода Ce3 + - Ce4 +. [1] Активность наночастиц диоксида церия зависит от многих факторов, таких как размер и форма частиц, их нестехиометрия. [2] Эти характеристики, вероятно, зависят от способа получения наночастиц. Условно различают химические и физические методы. Химические методы позволяют получать частицы с меньшим размером частиц и более однородными, тогда как физические частицы менее однородны, но, вероятно, имеют более высокую степень нестехиометрии из-за экстремальных условий синтеза. Чтобы уменьшить дефекты в образцах, можно дополнительно воздействовать на наночастицы, например, отжигать или воздействовать ионизирующим излучением. Для выявления наиболее активного фотокатализатора, все эти факторы должны быть приняты во внимание. Целью данной работы является оценка фотокаталитической активности наночастиц диоксида церия. Для сравнения были исследованы наночастицы диоксида церия, полученные физическим методом (испарение элетронным пучком в атмосфере инертного газа) и химическим методом (метод соосаждения с введением в процессе синтеза стабилизатора мальтодекстрина), а также образец, полученный путем отжига химического порошка в вакууме при температуре 600 ºC.

В этой работе было показано, что отожженные наночастицы, полученные химическим методом, обладают более высокой активностью, вероятно, из-за меньшей нестехиометрии, меньшего размера частиц и более высокой удельной поверхности, что является критическим для фотокатализаторов.

Предположительно, такая фотокаталитическая активность связана со способностью переносить электроны и дырки. [3] Поэтому, чтобы выбрать наиболее активные фотокатализаторы, необходимо детально изучить структуру полученных наночастиц, а также проследить возможные пути модификации, например, отжиг

в разных средах при различных температурах, для улучшения стехиометрии образцов.

H. Balavi Samaneh Samadanian et al. Powder Technology 249:549-555 (2013)
S. Rajeshkumar and Poonam Naik. Biotechnol Rep (Amst). 17:1–5 (2018)
M.E. Khan, M.M. Khan, M.H. Cho. Scientific reports 5928:17 (2017)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ЦЕРИЯ НА РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ МАКРОФАГОВ

Наумова А.С.[1, 2], Вазиров Р.А.[1], Улитко М.В.[1], Соковнин С.Ю.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
[2)] Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
E-mail: naumova@ymrc.ru

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CERIUM DIOXIDE NANOPARTICLES ON THE RADIOSENSITIVITY OF MACROPHAGES

Naumova A.S.[1, 2], Vazirov R.A.[1], Ulitko M.V.[1], Sokovnin S.Yu.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin
[2)] Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers

The radio modifying effect of cerium dioxide nanoparticles on the sensitivity of alveolar and peritoneal macrophages to the effects of ionizing radiation was studied. The effects of their influence on the morphological and functional state of macrophages and their radiosensitivity were revealed.

Макрофаги – это гетерогенная клеточная популяция, занимающая важное положение в иммунной системе организма. Многогранность выполняемых функций макрофагами [1,2] означает, что от их морфофункционального состояния зависит устойчивость организма к действию различных факторов. Применение радиационного воздействия для диагностики различных заболеваний и лучевой терапии приводит к необходимости изучения степени воздействия ионизирующего облучения на физиологические функции макрофагов и поиску возможных способов для их защиты. В настоящее время в качестве веществ с радиомодифицирующими свойствами широко используются наночастицы, маленькие размеры и большая удельная поверхность которых обуславливает их высокую реакционную и ферментативную активность [3,4]. В этом плане значительный интерес представляют наночастицы диоксида церия (CeO_2), способные оказывать на клетки

радиомодифицирующеее воздействие, что в перспективе может быть использовано при радиотерапии опухолевых заболеваний [5].

Целью данной работы является исследование влияния мезопористого нанопорошка CeO_2 на радиочувствительность культур различных популяций макрофагов. Эксперименты проводились на культурах альвеолярных и перитонеальных макрофагов крысы. Клетки культивировали в CO_2 инкубаторе при температуре 37 ^oC в атмосфере с 5% CO_2, с использованием питательной среды RPMI и добавлением 10% эмбриональной телячьей сыворотки. Исследовали радиомодифицирующие свойства мезопористого нанопорошка CeO_2, полученного методом испарения импульсным электронным пучком в газе низкого давления на установке НАНОБИМ-2 в Институте электрофизики УрО РАН. Водные растворы наночастиц CeO_2 вносили в клеточные культуры в конечных концентрациях 0,05 мг/мл и 0,1 мг/мл. Облучение образцов проводилось на установке для рентгенотерапии Xstrahl 300 (100-320 кэВ) с источником излучения ^{60}Co в Свердловском областном онкологическом диспансере. Образцы подвергались облучению с энергией 150 кэВ, в дозе 1 Гр. После воздействия определяли жизнеспособность, морфометрические показатели и функциональную активность макрофагов.

Было выявлено дозозависимое цитотоксическое действие наночастиц диоксида церия на культуры альвеолярных и перитонеальных макрофагов, сопровождающееся угнетением их синтетической функции, что может быть одним из механизмов снижения устойчивости клеток к действию повреждающих факторов. При этом, наночастицы CeO_2 индуцируют повышение активности неспецифической эстеразы в культивируемых макрофагах, что свидетельствует о развитии компенсаторной реакции, направленной на поглощение и уничтожение посторонних объектов. По отношению к культуре перитонеальных макрофагов наночастицы CeO_2 проявили радиосенсибилизирующие свойства, снизив их жизнеспособность после облучения, а на альвеолярные макрофаги данные частицы не оказали радиомодифицирующего воздействия, что позволяет предположить большую функциональную пластичность популяции перитонеальных макрофагов.

1. Плехова Н. Г., Сомова Л.М. Тихоокеанский медицинский журнал, № 3, 5–9 (2010).
2. Ярилин А. А. Иммунология: учебник / А. А. Ярилин. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, (2010).
3. Зиганшин А. У., Зиганшина Л. Е., Казанский медицинский журнал, 89(1), 1–7 (2008).
4. AshaRani P. V., Low KahMun G., Hande M. P., Valiyaveettil S., DHHS (NIOSH), № 125, 104 (2009).
5. Wason M. S., Zhao J. American journal of translational research, 5(2), 126–131 (2013).

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СИДРА

Нехорошкова Т.Е.[1], Агданцева Е.Н.[1], Баранова А.А.[1],
Вазиров Р.А.[1], Токарева М.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: pechenka.s.varenem@gmail.com

STUDY OF THE EFFECT OF IONIZING RADIATION ON THE PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS OF CIDER

Nekhoroshkova T.E.[1], Agdantseva E.N.[1], Baranova A.A.[1],
Vazirov R.A.[1], Tokareva M.I.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

It is planned to conduct a study of the effect of various doses of ionizing radiation by a stream of accelerated electrons on the physicochemical and microbiological parameters of ciders.

В современном производстве давно используется стерилизующий эффект гамма-излучения и потока ускоренных электронов для стерилизации медицинских препаратов, материалов и инструментов, консервации пищевых продуктов [1]. С 2017 года в России официально разрешена радиационная обработка пищевых продуктов и продовольственного сырья с целью обеспечения микробиологической безопасности и увеличения срока годности.

В настоящее время ведутся работы по изучению влияния различных способов обработки (УФ, СВЧ, ультразвука, ионизирующего излучения и др.) виноматериалов и сырья для виноделия на эффективность технологии производства, на качество вин, устойчивость к помутнениям и болезням [2, 3]. В то же время в России интенсивно развивается и производство сидров, тем более, что сырьевая база для данного производства гораздо более обширная нежели в виноделии. Проблемы, которые стоят перед производителями сидров такие же, как и у виноделов.

Нами планируется проведение исследование влияния различных доз ионизирующего излучения потоком ускоренных электронов на физико-химические и микробиологические показатели сидров.

1. Savintseva M. S., Vazirov R.A., Agdantseva E.N., Baranova A.A. , Selezneva I.S., and Geyde I.V. AIP Conference Proceedings 2174, 020166 (2019).

2. Христюк В.Т. Современные способы электрофизического воздействия на биосистемы, пищевое сырье и жидкие пищевые среды. Депонированная рукопись № 10-В2008 (2008).

3. Шишкина Н.С. Ж. «Вопросы атомной науки и техники» Серия: Техническая физика и автоматизация, 76, 35-42 (2017).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОСТНОЙ ТКАНИ ПОСЛЕ ЗАМЕЩЕНИЯ КОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ У ПОДОПЫТНЫХ ЖИВОТНЫХ

Неретина Е.С.[1], Измоденова М.Ю.[2], Гилев М.В.[2], Зайцев Д.В.[1]

[1)] Уральский федеральных университет, Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: ket1999.09@gmail.com

METHODS OF STUDYING THE MECHANICAL PROPERTIES OF BONE TISSUE AFTER REPLACEMENT OF BONE DEFECTS IN EXPERIMENTAL ANIMALS

Neretina E.S.[1], Izmodenova M.Yu.[2], Gilev M.V.[2], Zaitsev D.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

The methods of certification of strength characteristics are considered. Bone fragments of experimental animals after bone defect replacement tissue arising from the modeling of intra-articular impression fracture. The following materials were selected as osteoplastic materials: bTCP, Osteomatrix.

При внутрисуставном импрессионном переломе травмирующая сила в большинстве случаев прикладывается через смежный сустав, вследствие чего происходит импакция суставной поверхности. Лечение данной категории переломов предполагает хирургическое вмешательство, в ходе которого

производится восстановление анатомической формы сустава, посредством замещения костного дефекта остеозамещающим материалом. Характеристики

данных материалов, включая механические, должны быть максимально приближены к свойствам костной ткани. Для аттестации свойств материалов проводятся доклинические исследования на экспериментальных животных. В качестве модельных материалов были использованы: синтетический b-трикальций фосфат (bTCP, производство Science and BioMaterials, Франция), ксенопластический материал «Остеоматрикс» (производство «Коннектбиофарм», Россия) и углеродный наноструктурный имплантат (УНИ, производство «Нанотехмедплюс», Россия). Эксперимент проведен на 21 самке кролика породы шиншилла чистой линии массой 2,0 – 3,0 кг.

По результатам эксперимента было показано, что механические характеристики всех исследуемых материалов отличны от характеристик трабекулярной костной ткани человека. Материалы на основе углерода и b-TCP более прочные,

чем кость, но обладают более высоким модулем Юнга. Деформационное поведение ксенокости (Остеоматрикс) близко к поведению трабекулярной кости человека, но ее предел прочности значительно ниже.Также была оценена скорость биодеградации, которая должна быть приближена к скорости образования костной ткани в зоне дефекта. Из трех исследуемых материалов bTCP в наибольшей степени соответствует перечисленным требованиям, поэтому находит широкое применение в практической медицине.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СВОЙСТВ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ ОТ ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ИОННЫХ ТОКОВ НА ПОПУЛЯЦИИ МОДЕЛЕЙ КАРДИОМИОЦИТОВ ПРЕДСЕРДИЯ ЧЕЛОВЕКА

Нестерова Т.М.[1, 2], Шмарко Д.В.[1, 2], Ушенин К.С.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: tatiannesterova@gmail.com

DEPENDENCE OF PROPERTIES OF THE ACTION POTENTIAL ON THE AGE-RELATED CHANGES OF IONIC CURRENTS IN THE POPULATION OF HUMAN ATRIAL CARDIOMYOCYTES MODELS

Nesterova T.M.[1, 2], Shmarko[1, 2], Ushenin K.S.[1, 2]
[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russia

We studied the effect of age-related changes ion currents on action potential (AP) in population of atrial cardiomyocyte human models. The our goal was to evaluate the ability of ionic models to reproduce age-related changes of AP and predict an increase in repolarization abnormalities with age.

Фибрилляция предсердий (ФП) — распространенное заболевание, которое чаще встречается среди пожилого населения. Изменения формы потенциала действия (ПД), например, увеличение его длительности на уровне 90% (ДПД90), задержанные (ЗПД) и ранние (РПД) постдеполяризации входят в число аритмогенных факторов, способных привести к ФП.

С целью оценить способность математических моделей предсердных кардиомиоцитов воспроизводить возрастные изменения формы ПД и предсказывать увеличение аномалий реполяризации при старении мы исследовали влияние возрастных изменений ионных токов на ПД в популяции моделей.

В исследовании использовались клеточные модели кардиомиоцитов предсердия человека Courtemanche et al. 1998 [1] и Maleckar et al. 2009 [2]. Для создания популяции относительно оригинального значения этих моделей варьировались

параметры ионных токов, влияние возраста на которые было описано в литературе [3, 4]. На первом этапе исследования значения параметров распределялись в покрывающем все возрастные изменения диапазоне от 0 до 200%. На втором создавались популяции возрастных групп, расстояние между которыми соответствовало литературным возрастным изменениям рассчитанным в процентах, при этом переход параметров между группами считался линейным.

Полученные в ходе моделирования ПД были разбиты на четыре класса: нормальные ПД с характеристиками (амплитуда, длительность на различных уровнях, высота плато и потенциал покоя) соответствующими литературным данным; РПД; ЗПД и другие патологии. Были построены графики зависимости от возраста характеристик ПД и вероятностей возникновения РПД, ЗПД и других патологий.

Полученные результаты существенно отличались в зависимости от модели. Однако обе модели показали рост аномалий реполяризации в старших возрастных группах. А модель Courtemanche et al. 1998 продемонстрировала увеличение ДПД90, что соответствует литературным данным.

Работа была поддержана грантом РФФИ № 18-015-00368, темой гос. задания ИИФ УрО РАН АААА-А18-118020590031-8, грантом Президиума РАН, Постановлением правительства 211 от 16 марта 2013 года.

1. Courtemanche M., Ramirez R.J., Nattel S., American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology 275, H301 (1998).

2. Maleckar M.M., Greenstein J.L., Giles W.R., Trayanova N.A., American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology 297, H1398 (2009).

3. Dun W., Yagi T., Rosen M.R., Boyden P.A., Cardiovascular Research 58, 526 (2003).

4. Gan T.Y., Qiao W., Xu G.J., Zhou X.H., Tang B.P., Song J.G., Li Y.D., Zhang J., Li F.P., Mao T. et al., Experimental and therapeutic medicine 6, 919 (2013).

РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ ТЮМЕНИ И ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Никитина Е.В.[1], Тригуб В.В.[1]

[1)] Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия
E-mail: ev_nikitina@inbox.ru

PLANT RAW MATERIALS OF TYUMEN AND TYUMEN REGION, USED FOR THE DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL FOOD PRODUCTS

Nikitina E.V.[1], Trigub V.V.[1]
[1)] Tyumen industrial University, Tyumen, Russia

Herbal medicinal and non-medicinal raw materials growing on the territory of the Tyumen region can be used in the production of functional foods depending on the chemical nature and content of components.

Согласно классификации Л.М. Григорьевой лекарственное сырье Тюменской области по величине ареала произрастания можно разделить на 3 группы, первая из которых рекомендована к промышленному сбору, растения второй и третьей имеют меньший ареал распространения и рекомендованы для локальных сборов.

К первой группе относятся: брусника обыкновенная (лат. Vaccínium vítis-idaéa), черемуха обыкновенная (лат. Prúnus pádus), калина обыкновенная (лат. Vibúrnum ópulus), тысячелистник обыкновенный (лат. Achilléa millefólium), багульник болотный (лат. Lédum palústre), крапива двудомная (лат. Urtíca dióica) – обладает антистрессовым, мочегонным, отхаркивающим, общеукрепляющим действием, мать-и-мачехи (лат. Tussilágo) листья обладают мягчительным, обволакивающим, противовоспалительным и отхаркивающим действием, боярышник кроваво-красный (лат. Crataégus sanguínea) - обладает кровоостанавливающим, ранозаживляющим, антисклеротическим и противоязвенным эффектом, способствуют выведению из организма радионуклидов и тяжелых металлов, кипрей узколистный (лат. Chamaenérion angustifolium), шиповник коричный (лат. Rósa majális) и шиповник иглистый (лат. Rósa aciculáris) – источники антиоксидантов. Наибольший удельный вес сборов лекарственного растительного сырья из этой группы приходится на крапиву двудомную [1, 2].

Ко второй группе относятся береза повислая (лат. Bétula péndula) и береза пушистая (лат. Bétula pubéscens), горец птичий (лат. Polýgonum aviculáre), ромашка безъязычковая (лат. Matricária discoídea), берёзовый гриб чага (лат. Inonotus obliquus).

Представителями третьей группы являются пижма обыкновенная (лат. Tanacétum vulgáre), череда трехраздельная (лат. Bídens tripartíta), хвощ полевой (лат. Equisétum arvénse), подорожник большой (лат. Plantágo májor) и подорожник пятилопастной (лат. Plantágo májor) – листья обладают мягчительным,

обволакивающим, противовоспалительным действием, пустырник сердечный (лат. Leonurus cardiaca), крушина ольховид-ная (лат. Frángula álnus), липа сердцевидная (лат. Tília cordáta) - обладает противовоспалительным, жаропонижающим, седативным и другими свойствами, вахта трехлистная (Menyanthes trifoliáta), зверобой продырявленный (лат. Hypéricum perforátum), душица обыкновенная (лат. Oríganum vulgáre). Душица в зависимости от способа получения экстракта обладает антимикробным, седативным, гомеостатическим, противовоспалительное действием, усиливает перистальтику и тонус кишечника, повышает секрецию желудочного сока, оказывает тонизирующее действие на сокращение гладкой мускулатуры матки.

Многие дикоросы, произрастающие в Тюменской области в настоящее время, в основном используются только в медицине, в то время как они могут быть успешно применены в качестве функциональных ингредиентов при производстве продуктов функционального назначения. Использование местной сырьевой базы для производства биологически активных добавок является доступным и экономически выгодным условием развития пищевой промышленности.

1. Е.С. Васфилова, А.С. Третьякова, Е.Н. Подгаевская, Н.В. Золотарева, М.Г. Хохлова, Н.И. Игошева, С.Н. Эктова, Л.М. Морозова Дикорастущие Лекарственные Растения Урала: учебное пособие/Под общ. ред. В.А. Мухина. – Екатеринбург:УРФУ им. Б.Н. Ельцина, (2014).

2. Л.М. Григорьева. Ресурсы лекарственных растений юго-восточных районов Тюменской области и вопросы их рационального использования: Дис. канд. фарм. наук: Санкт-Петербург, (1996).

BIODEGRADABLE PLASTICS (BIOPLASTICS): PROSPECTS AND APPLICATION

Nutakor C.[1], Ivantsova M.N.[1], Kanwugu O.N.[1]

[1)] Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University
E-mail: nutakor.christabel@gmail.com

Scientists all over the world are researching in this area to help solve the problems of environmental pollution caused by traditional plastics. Numerous studies on microorganisms and some plant materials used in producing biodegradable plastics will be very useful to the environment in future.

Amongst all materials, including metals, ceramics and composites, polymers have proven to be of significant value our industrial world, economically and socially. Polymers like plastics and rubbers are widely used all over the world in different spheres of life due to their attractive properties such as; low density, ability to resist corrosion, and excellent resistant to electricity conduction. However, the continuous use of these materials without a proper management of their wastes coupled with their low

biodegradability has resulted in a huge environmental problem globally, as they accumulate both on land and in the ocean. Therefore, in the quest to solve this ecological crisis, there has been an immense interest and investments into biodegradable plastics otherwise known as bioplastics. Hence, searching for an innovative biodegradable plastic is of a great importance. Considering these, microbial polyesters known as polyhydroxyalkanoates (PHAs) has emerged as one of the promising sources of bioplastics [1]. In addition, some plant materials like vegetable fats and oils, corn oil, orange peels, and many others have been used in manufacturing bioplastics. Life cycle assessment indicates that PHA is more beneficial than petroleum-based plastics. Several microorganisms like Halomonas campisalis, Burkholderia xenovorans LB400, and others have been identified to synthesis PHAs. For cost effective production of PHA, agro-food wastes like fruit peels, bagasse and deoiled cakes has been explored as source of carbon. This paper is therefore aimed at reviewing the prospects and application of biodegradable plastics.

1. V. Urtuvia, P. Villegas, M. Gonzalez, M. Seeger. International Journal of Biological Macromolecules, 70, 208-213 (2014).

OPPORTUNITIES AND ADVANTAGES OF A PORTABLE RADIOMETRIC SYSTEM IN OPHTHALMOLOGY

Pankin S.V.[1], Surdo A.I.[1, 2], Pankin V.V.[1], Zelenin A.V.[3]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[3)] Regional Children's Clinical Hospital, Serafimy Deryabinoy Street 32, Yekaterinburg, Russia
E-mail: savva.pankin@urfu.ru

The paper describes the main advantages of the developed system and the most useful abilities of its application. Experimental tests with using of the phantom model made it possible to evaluate its applicability for the implementation of specific techniques and evaluate their efficiency.

The prototype of the portable radiometric system (PRS) was developed in the in the laboratory of radionuclide diagnostics of Ural Federal University [1]. The PRS consists of four small body-attachable scintillation detectors. The main advantage of the system is the capability to perform dynamical scintigraphy assessments in several distant points of the body, while each detector could be positioned in an arbitrary point at arbitrary projection.

One of the most perspective applications of the PRS is dynamical scintigraphy studies of lacrimal apparatus. One of the advantages of this type of research is the high efficiency of radiation detection in comparison with SPECT. Such an approach can

allow both to reduce the radiation dose on the patient and introduce new diagnostic techniques. A prototype of a developed system was tested with specially designed phantom model of head with salivary and lacrimal glands. On the basis of the conducted experimental work, the most interesting abilities of its application were studied.

The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme “Expertise” No. AAAA-A19-119062590007-2), supported in part by RFBR (project No. 20-48-660045).

1. S. V. Pankin, Radiat. Meas. 121, 10–12 (2019).

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ САМООРГАНИЗАЦИЯ В ДИФФУЗИОННОЙ МОДЕЛИ ГЛИКОЛИЗА

Панкратов А.А.[1], Башкирцева И.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: alexandrpankratov9@gmail.com

SPATIAL SELF-ORGANIZATION IN DIFFUSION MODEL OF GLYCOLYSIS

Pankratov A.A.[1], Bashkirtseva I.A.[1]
[1)] Ural federal university, Yekaterinburg, Russia

A distributed variant of the Higgins glycolytic model with two spatial variables and diffusion is considered. A parametric description of the zone with Turing instability is found. By computer simulations, a process of the spatial pattern formation is studied.

В работе рассматривается распределённая модель гликолитического осциллятора Хиггинса с двумя пространственными переменными. Найдено параметрическое описание зоны неустойчивости Тьюринга данной модели.

Исследуется процесс самоорганизации в зоне параметров, соответствующих равновесным и автоколебательным режимам исходной нераспределённой системы.

В результате численного моделирования показано наличие гетерогенных стационарных пространственных структур в области неустойчивости Тьюринга. Исследовано явление мультистабильности и описаны различные сценарии процессов формирования сосуществующих аттракторов-паттернов.

На основании численных экспериментов описаны переходные процессы приводящие к формированию стационарных пространственных аттракторов-паттернов при различных начальных условиях, при параметрах соответствующих равновесному и автоколебательному режимам исходной системы.

Достоверность и робастность полученных результатов проверены с помощью двух различных независимых численных схем.

1. A.M. Turing. Philos. Trans. R. Soc. London Ser. B, Biol. Sci. 237, 37 (1952).
2. I. Bashkirtseva, L. Ryashko, Physica A 491, 28 (2018).
3. E. Ekaterinchuk, L. Ryashko, AIP Conf. Proc. 1773, 060005 (2016).

РАДИАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ, СОДЕРЖАЩИХ ВИТАМИН С

Филиппов Д.А.[1], Бажукова И.Н.[1], Бажуков С.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Feel1911@yandex.ru

RADIATION PROCESSING OF FOOD CONTAINING VITAMIN C

Philippov D.A.[1], Bazhukova I.N.[1], Bazhukov S.I.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first president of Russia B.N. Eltsin, Yekaterinburg, Russia

Physical and chemical properties of maltodextrin stabilized cerium dioxide nanoparticles were investigated by optical spectrometry. The ability of nanoparticles to mimic the enzyme catalase was also considered.

Фруктовые соки являются одним из важнейших источников витаминов. Большинство производителей данного пищевого продукта используют термическую обработку. Это обусловлено тем, что в последние годы участились вспышки болезней, связанных с потреблением сырых овощей и фруктов или непастеризованных продуктов, произведенных из них. Однако пастеризованные и концентрированные коммерческие фруктовые соки почти не имеют естественного фруктового вкуса и аромата свежевыжатого сока. Кроме того, содержание полезных веществ в них значительно снижается после термической обработки.

Радиационная обработка продуктов питания представляет собой альтернативный нетермический метод воздействия, который эффективно инактивирует патогенные микроорганизмы в различных продуктах питания. В последние годы показана эффективность радиационной обработки для инактивации общих пищевых патогенов во фруктовых соках. Однако, воздействие ионизирующим излучением может привести к деградации витамина С, что негативно скажется на качестве пищевого продукта. Известно, что апельсиновый сок является одним из основных источников пищевого витамина С (аскорбиновая кислота). Окисление витамина С в апельсиновом соке приводит к изменению вкуса и цвета продукта. Аскорбиновая кислота (АК) может превращаться в дегидроаскорбиновую кислоту (ДАК) в аэробных условиях, а ДАК дополнительно разлагается до

дикетогулоновой кислоты (ДГК). АК и ДАК являются биологически активными, в то время как ДГК не обладает антиоксидантной активностью. Облучение может ускорить скорость превращения АК в ДАК и изменить содержание АК в апельсиновом соке. Влияние облучения на общую концентрацию аскорбиновой кислоты изучено не полностью.

Таким образом, проблема поиска методов нетермической обработки фруктовых соков, содержащих витамин С, является актуальной задачей. Целью данной работы является исследование воздействия электронного пучка с энергией 10 МэВ в широком диапазоне доз с целью исследования содержания витамина С в пищевом продукте при оптимальном снижении микробной контаминации продукта.

В качестве объекта исследования был выбран апельсиновый сок: свежевыжатый и пастеризованный. Образцы были разлиты в стеклянные пробирки, герметично упакованы и хранились при температуре 5 ºС перед облучением. Облучение образцов проводили в ИВЦ Радиационной стерилизации (УрФУ) с использованием линейного ускорителя электронов УЭЛР-10-10С (Е=10 МэВ, I до 1 мА). Для контроля дозы облучения и ее распределения использовали дозиметры СОПД(Ф)-1/10. Облучение производилось в диапазоне доз 1-10 кГр. Содержание витамина С определяли спектрофотометрическим метод, основанном на восстановлении 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия аскорбиновой кислотой, в соответствии с ГОСТ 24556-89. Для исследования степени микробной контаминации образцов проводили микробиологический анализ.

BIOSYNTHESIS OF VITAMINS BY LACTIC ACID BACTERIA IN FERMENTED FOOD PRODUCTS TO TACKLE FOOD INSECURITY: A SYSTEMATIC REVIEW

Pokharkar O.V.[1], Okechukwu Q.N.[1], Ivantsova M.N.[1]

[1)] Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University
E-mail: omkarpokharkar93@gmail.com

Vitamins are important micronutrients required by the body in trace quantities. To solve this issue, use of Lactic acid bacteria to biosynthesize vitamins in ordinary food products may prove to be a viable option by fortification or enrichment process. This approach may tackle food insecurity issue

Vitamins are an important group of micronutrients that play a vital role in the regulation of cell growth & development in addition to regulating its function. They are classified under two categories. The fat-soluble vitamins include vitamins E, A, D and K. The body efficiently absorbs them if there are dietary fats present. On the other hand, the water-soluble vitamins include vitamin C and the Vitamin B complex consisting of Vitamin B1 (Thiamine), B2 (Riboflavin), B3 (Niacin), B5 (Pantothenic acid), B6 (Pyridoxine), B7 (Biotin), B9 (Folic acid/Folate), and B12 (cobalamin) [1]. These

vitamins generally cannot be effectively stored in the body and are normally excreted through urine. One exception is Vitamin B-12, which is stored in the liver. Vitamins must be regularly obtained through diet, as our body cannot synthesize it, to avoid any clinical and subclinical deficiencies. However, deficiency of these vitamins in humans occurs even though most of these vitamins are naturally present in a variety of food items. Vitamin deficiency in the human body can be attributed to malnutrition and poor dieting practices (it can be either intentionally or unintentionally). Malnutrition occurs when the consumed quantity of food required by the body for growth is insufficient due to unaffordability and/or inaccessibility, this is common in most developing and underdeveloped countries. Improper/poor dieting which stems from not consuming a full or proper diet which contains all these vitamins needed by the body. Poor dieting can be unintentional due to lack of awareness regarding these vitamins or intentional due to lifestyle factors. Vitamin deficiencies can normally be avoided by consuming nutritional supplements. However, there are concerns about consuming nutritional supplements. Nutritional supplements are costly and are always not accessible to all thereby making the consumption of supplements on a regular basis for a lifetime unrealistic. Also, there have been a series of questions and doubts about the efficiency and durability of these supplements. To solve this issue, it is important to fortify ordinary food products with these vitamins so that it becomes a normal part of the diet rendering the need for external supplements redundant. Lactic acid bacteria (LAB) have been employed for long to fortify certain food products through the process of fermentation. LAB's can produce vitamins at certain levels but they commonly produce an insufficient quantity of vitamins [2]. In addition, only a few LAB strains are capable of synthesizing several water-soluble vitamins from the B complex group [3]. However, the fermentation process using a combination of different strains of LAB's can be used as a tool to produce all these vitamins and naturally fortify a food product with them. This process is cost-effective and vitamins can be biosynthesized by LAB producing metabolites with higher bioavailability [2, 3, 4].

1. P. Hamzehlou, A.A. Sepahy, S. Mehrabian, F. Hosseini. Applied Food Biotechnology, 5(2),107-120 (2018).

2. J.G. LeBlanc, J.E. Laiño, M.J. del Valle, G.S. de Giori, F. Sesma and M.P. Taranto. B-Group Vitamins Production by Probiotic Lactic Acid Bacteria. In Biotechnology of Lactic Acid Bacteria (2015).

3. J. LeBlanc, J. Laiño, M.J. del Valle, V. Vannini, D. van Sinderen, M. Taranto, G.F. de Valdez, G.S. de Giori and F. Sesma. Journal of Applied Microbiology, 111, 1297-1309 (2011).

4. A.H. Rad, A.Ya. Khosroushahi, M. Khalili, S. Jafarzadeh. Dairy Science Technology, 96 (4), 427-441 (2016).

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИИ МИОКАРДА НА МОЛЕКУЛЯРНО-КЛЕТОЧНОМ УРОВНЕ В НОРМЕ И ПРИ ПАТОЛОГИИ

Политова Е.А.[1], Мячина Т.А.[1, 2], Бутова К А.[1, 2], Берг В.Ю.[2], Щепкин Д.В.[2], Копылова Г.В.[2], Хохлова А.Д.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: elizaveta-politova@yandex.ru

THE USE OF METHODS FOR STUDYING MYOCARDIAL FUNCTION AT THE MOLECULAR AND CELLULAR LEVELS IN NORM AND PATHOLOGY

Politova E.A.[1], Myachina T.A.[1, 2], Butova X.A.[1, 2], Berg V.Y.[2], Shchepkin D.V.[2], Kopylova G.V.[2], Khohlova A.D.[1, 2]

[1)] Ural Federal University
[2)] Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

The work presents the methods of study of the heart at the cellular and molecular levels. Measurements of contraction and calcium transient of single cardiomyocytes and actin-myosin interactions were performed. These methods were used to study impaired cardiac function in type 2 diabetes.

Миокард обладает сложной многоуровневой структурной организацией, что затрудняет оценку его функционального состояния на органно-тканевом уровне. Возникает необходимость проведения исследований на более тонких уровнях организации структуры миокарда: на клеточном уровне с использованием изолированных кардиомиоцитов и на молекулярном – на изолированных белках сократительного аппарата саркомера.

Цель работы – исследование сократительной функции миокарда в норме и при патологии с использованием методов регистрации функции одиночных кардиомиоцитов и сократительных белков.

Одиночные кардиомиоциты получают методом перфузии изолированного сердца крысы по Лангендорфу в авторской модификации [1]. Для исследования динамики цитозольного кальция, являющегося основным звеном электромеханического сопряжения, клетки окрашивают Ca^{2+}-чувствительным флуорофором Fluo-8. Флуоресценция (длина волны возбуждения 488 нм, эмиссии – 495-575 нм) регистрируется с помощью конфокального микроскопа и специализированного ПО (LSM-710, Carl Zeiss). Изменение интенсивности флуоресценции является индикатором изменения цитозольной концентрации Ca^{2+} в клетках.

Амплитуда сокращения кардиомиоцита и время сокращения-расслабления клетки регистрируются в отдельном оптическом канале по изменению профиля интенсивности изображения выбранной области. Средняя длина саркомера рассчитывается методом дискретного преобразования Фурье с использованием ПО EqapAll6. Измерения проводят при частотах электрической стимуляции 0.5, 1, 2 и 3 Гц в кальций-содержащем растворе Тирод (1.8 мМ) при температуре 36 – 37ºС.

Для исследования характеристик актин-миозинового взаимодействия на молекулярном уровне используется in vitro подвижная система [2]. Молекулы миозина или его протеолитические фрагменты осаждают на нитроцеллюлозную поверхность проточной ячейки, образованной предметным и покровным стеклами, и заполняют её буфером с флуоресцентно-окрашенным родамин-фаллоидином филаментарным актином или тонкими нитями, реконструированными из актина, тропонина и тропомиозина. В присутствии АТФ нити движутся по поверхности, покрытой миозином. Движение нитей регистрируется с помощью флуоресцентного микроскопа с интенсифицированной видеокамерой и анализируется ПО GMimPro [3], позволяющим определить скорость скольжения нитей по миозину, которая характеризует кинетику актин-миозинового взаимодействия.

В качестве примера патологического состояния миокарда при сердечной недостаточности используется модель экспериментального стрептозотоцин/никотинамид-индуцированного диабета второго типа у самцов крыс линии Wistar. Сердечная недостаточность у животных подтверждается измерением электрических и гемодинамических параметров сердца, биохимическими методами и методом иммуноферментного анализа.

Вышеизложенные методы позволяют оценить функциональное состояние миокарда на клеточном и молекулярном уровне и могут быть использованы для исследования влияния патологических условий на работу сердца.

Работа поддержана РНФ № 18-74-10059.

1. Myachina T. A., Butova X. A., Khohlova A. D. AIP Conference Proceedings, 2174, 020140 (2019).

2. Nikitina L. V., Kopylova G. V., Shchepkin D. V., Nabiev S. R., Bershitsky S. Y. Biochemistry (Mosc), 80(13), 1748-63 (2015).

3. Mashanov G. I., Molloy J. E. Biophys J. 92(6), 2199-211 (2007).

ИЗУЧЕНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ И ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ВИННЫХ ДРОЖЖЕЙ

Полозникова Д.Н.[1], Токарева М.И.[1], Селезнёва И.С.[1], Агданцева Е.Н.[1], Баранова А.А.[1], Вазиров Р.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: poloznikova880@gmail.com

STUDY OF THE VIABILITY AND ENZYMATIC ACTIVITY OF WINE YEAST

Poloznikova D.N.[1], Tokareva M.I.[1], Selezneva I.S.[1], Agdantseva E.N.[1], Baranova A.A.[1], Vazirov R.A.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

A study was made of the viability and enzymatic activity of wine yeast under the influence of gamma radiation on a radioactive source ^{241}Am.

В современном производстве пищевых продуктов большое значение имеет снижение себестоимости и повышение качества выпускаемой продукции. Качество пищевых продуктов, полученных биотехнологическим способом, во многом зависит от биотехнологических свойств используемых микроорганизмов, в частности дрожжей. Разработано множество методов повышения их жизнеспособности и активности с целью улучшения технологических характеристик производства.

Активность дрожжей определяется бродильной и спиртообразующей способностью, усвоением азотистых веществ и сахаров, спирто- и кислотовыносливостью и др. Для повышения ферментативной активности дрожжей в различных производствах используются методы физического, химического и биологического воздействия. В качестве химического воздействия применяют в основном различные активирующие добавки: витамины, микроэлементы, аминокислоты, органические кислоты и др. [1-3]. В качестве биологических стимуляторов могут использоваться ферменты, например экзогенные нуклеазы. К стимулирующим факторам физической природы относятся температура, давление, ультразвук, электрический ток, электрические и магнитные поля, различное физическое состояние воды в питательных средах, малые дозы радиации и др. [4].

В настоящее время изучается влияние различного рода излучений (бетта-, гамма-, нейтронные излучения, рентгеновская радиация) на жизнеспособность микроорганизмов, инактивирующий и мутагенный эффект, оказываемый на них [4]. В литературе имеются сведения по изучению возможности применения гамма-излучения и потока ускоренных электронов для стерилизации медицинских препаратов и инструментов [5], консервации пищевых продуктов.

Нами проводилось исследование жизнеспособности и ферментативной активности универсальных винных дрожжей Saccharomyces cerevisiae (производитель BeerVingem, Англия), подвергнутых обработке гамма-излучением на радиоактивном источнике ^{241}Am. Мощность экспозиционной дозы составила 0,33 сГр/час. Образцы в сухом виде облучали дозой 32 сГр, располагая их на расстоянии 10 см от источника.

В результате проведенных экспериментов установлено, что число жизнеспособных клеток практически не меняется, а вот зимазная активность незначительно снижается. В дальнейшем мы планируем изучить влияние различных доз ионизирующего излучения на жизнедеятельность винных дрожжей с целью управления их ферментативными и технологическими свойствами.

1. Пермякова Л.В., Помозова В.А., Павлов А.А., Хорунжина С.И. Техника и технология пищевых производств, № 2 (29) (2013).

2. Садретдинова Э.И., Канарский А.В. Вестник технологического университета. Издательство: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 21(2), 209-2014 (2018).

3. Павлов А.А., Помозова В.А., Пермякова Л.В., Верещагин А.Л. Современные проблемы науки и образования, № 5 (2013).

4. Осипова М.В., Глущенко Л.Ф. Пиво и напитки, № 5, 22-24 (2006).

5. Savintseva M.S., Vazirov R.A., Agdantseva E.N., Baranova A.A., Selezneva I.S., and Geyde I.V. AIP Conference Proceedings 2174, 020166 (2019).

ВЛИЯНИЕ НЕЙРОЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ НА КОЖНО-ГАЛЬВАНИЧЕСКУЮ РЕАКЦИЮ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ОБУЧАЕМОСТИ

Помосова А.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: anna.pom96@mail.ru

INFLUENCE OF NEUROELECTROSTIMULATION OF THE PERIPHERAL NERVOUS SYSTEM ON GALVANIC SKIN RESPONSE SIGNALS IN RESEARCH OF WAYS TO IMPROVE LEARNING

Pomosova A.A.[1]

[1)] Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

To increase the level of learning, the neuroelectrostimulator «Sympathocor-01» was used simultaneously with the registration of HRV and EDA. The results showed that stimulation affects the EDA of the skin and the reaction rate according to auditory signs when performing the Dual 2-back test.

Обучаемость человека является одним из основных показателей его готовности к учению, к освоению знаний стихийно или целенаправленно в условиях какой-либо конкретной образовательной системы [1]. Способность к обучению зависит от различных свойств памяти и внимания, уровень которых необходимо развивать.

Перспективным направлением в этом вопросе является коррекция активности симпатического отдела вегетативной нервной системы (симпатокоррекция). В ранних исследованиях [2-4] симпатокоррекция проводилась параллельно с использованием когнитивных тестов, которые носят обучающий характер. В нашем исследовании применяется другая методика, которая имеет преимущественно оценочную направленность и минимизирует обучающий характер теста Dual 2-back. Для изучения функциональных параметров человека во время исследования регистрировались сигналы кожно-гальванической реакции (КГР) и вариабельности сердечного ритма (ВСР). В данной работе основное внимание уделяется обработке и анализу сигнала КГР.

Исследование проводилось в МБИЦВТ при УрФУ. В нем принимало участие 15 человек, случайно распределенных на 2 группы: основная (8 человек) и контрольная (7 человек) (фиктивная стимуляция). Исследование проводилось в течение 5 дней. Участники выполняли тест Dual 2-back в 1-й (до стимуляции) и в 5-й день (после стимуляции). На протяжении всех 5 дней проводилась симпатокоррекция с помощью нейроэлектростимулятора «Симпатокор-01» и

параллельная регистрация сигналов КГР и ВСР с помощью программно-аппаратного комплекса Medicom MTD «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» по следующей методике:

- 5 мин фон;
- 5 мин стимуляция;
- 5 мин перерыв;
- 5 мин стимуляция;
- 5 мин последействие.

Полученный сигнал КГР обрабатывался по специальному алгоритму [5], был вычислен уровень проводимости кожи (SCL), определено количество событий сигнала электродермальной активности (ЭДА) и произведен расчет основных параметров ЭДА:

- среднее значение для каждого пика (мВ);
- максимальное значение пика для каждого этапа исследования (мВ);
- длина каждого пика (с);
- a – амплитудная составляющая;
- b – параметр релаксации;
- t0 – время начала события (с).

Результаты, которые были получены, показали изменения в количестве событий сигнала ЭДА. Для каждого этапа исследования было сделано усреднение по участникам эксперимента. При сравнении 1 этапа (фон) 1 дня исследования и 5 этапа (фон) 5 дня исследования количество событий сигнала ЭДА в основной группе увеличилось в 2 раза, а в контрольной не изменилось.

На 5-й день исследования при решении теста Dual 2-back в основной группе сократилось среднее время отклика по аудиальным признакам, а количество правильных ответов увеличилось по позиционным признакам. В контрольной группе среднее время отклика увеличилось по обоим признакам, а увеличение количества правильных ответов было по аудиальным признакам.

Таким образом, мы можем сделать вывод, что симпатокоррекция оказывает влияние на ЭДА кожи, а также на скорость реакции по аудиальным признакам при решении теста.

1. Зимняя И.А., Педагогическая психология, Ростов-на-Дону: Феникс, 480 (1997).

2. Kublanov V., Petrenko A., and Nabiullina A., Proceedings of the 10th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies, Porto, Portugal, 269–275 (2017).

3. Kublanov V. S., Petrenko A. A., and Kozhevnikova A. P., 25th Telecommunication Forum (TELFOR), Belgrade, 1-4 (2017).

4. Kublanov V. and Petrenko A., Proceedings of the 11th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies, Portugal, 338-344 (2018).

5. Hugo F. S., Multi-modal behavioral biometrics based on HCI and electrophysiology, Lisbon Technical University, 192 (2008).

СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ХАТЬМЕ ТЮРИНГСКОЙ И РЯБИНЕ

Понасюк Е.А.[1], Буракова Л.Н.[1]

[1)] Тюменский индустриальный университет, Тюмень, 625000, Российская Федерация
E-mail: perkate90@mail.ru

THE CONTENT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN THE THURINGIAN WITCH AND MOUNTAIN ASH

Ponasyuk E.A.[1], Burakova L.N.[1]
[1)] Tyumen industrial University, Tyumen, 625000, Russian Federation

The study of the content of biologically active substances in mountain ash (lat. Sorbus aucuparia) and the witch of Thuringia (lat. Lavátera thuringíaca)

Рассмотрим состав биологически активных веществ растений хатьма тюрингская (лат. Lavátera thuringíaca) и рябина обыкновенная (лат. Sórbus aucupária).

Хатьма тюрингская (лат. Lavátera thuringíaca) очень богато фенольными и полифенольными соединениями, особенно флавоноидами и используемые, как антиоксидант, противовоспалительные, антимикробные и антибактериальные. Экстракты, полученные из растений этого семейства, используются в медицине как средство для лечения инфекционных заболеваний и рака [1].

Хатьма тюрингская (лат. Lavátera thuringíaca) является богатым источником биологически активных соединений, в том числе флавоноидов, которые содержатся в вегетативных органах и цветках [2]. Поэтому поиск потенциальных источников биологически активных соединений экстрактов из сырья растений вида хатьма тюрингская (лат. Lavátera thuringíaca) является актуальным.

Плоды рябины являются важным источником Р-активных веществ и каротина, причем по содержанию первых рябина превосходит все плодово-ягодные культуры. В плодах обнаружены витамины В, В2, В6, В9, Е, незаменимые аминокислоты, среди которых доминируют аргинин, тирозин, гистидин и лизин.

В значительных количествах накапливаются органические кислоты (среди которых яблочная, лимонная, сорбиновая, янтарная, из оксикоричных - кофейная и хлорогеновая), пектиновые вещества, углеводы. По содержанию витамина С рябина обыкновенная (лат. Sórbus aucupária) превосходит многие плодовые культуры, в том числе яблоню и грушу. В зрелых плодах рябины практически отсутствует сахароза, сахара, в основном, представлены глюкозой, фруктозой и сорбозой. По содержанию сорбита рябина занимает первое место среди плодовых культур. В плодах рябины имеются макро- и микроэлементы: K, Ca, Mg, P, Zn, Cu, Fe [3]. Использование этих биологически активных веществ может дать высокий результат в профилактике заболеваний желудочно-кишечного тракта и органов пищеварения, т.к. прямое венотропное действие флавоноидной группы в

сочетании с заживляющими свойствами активных веществ рябины плодов окажет комплексное действие на пораженные участки слизистой, увеличивая при этом микроциркуляцию и тонус в сосудистой стенке[4].

Таким образом, использование нетрадиционного сырья, а именно хатьмы тюрингской (лат. Lavátera thuringíaca) и рябины обыкновенной (лат. Sórbus aucupária) для получения биологически активных веществ растительного происхождения приобретает особую актуальность, а исследования в области получения функциональных ингредиентов для продуктов питания с профилактической направленностью и биологически активных добавок из дикорастущего нетрадиционного сырья позволяет изменить сложившуюся ситуацию в области продуктов и ингредиентов функционального назначения в Тюменской области.

1. В.П. Махлаюк. Лекарственные растения в народной медицине. Саратов: Приволжское книжное издательство, (1993).

2. Е.Я. Ладыгина, Л.Н. Сафронович, В.Э. Отряшенкова. Химический анализ лекарственных растений: учеб. пособие для фармац. вузов. , Москва: Высшая школа, (1983).

3. М.А. Жандабаева, К.К. Кожанова, А.К. Бошкаева. Vestnik KazNMU, №1, 1-2 (2019).

4. А.А. Чахирова, Е.В. Ковтун, М.А. Огай, Э.Ф. Степанова, Н.Л. Нам. Научные результаты биомедицинских исследований 4, №4, 5-6 (2018).

РАЗРАБОТКА НОВОЙ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Репилова К.А.[1], Тригуб В.В.[1]

[1)] Тюменский индустриальный университет, Тюмень, 625000, Российская Федерация
E-mail: repilova2017@yandex.ru

DEVELOPMENT OF A NEW DIETARY SUPPLEMENT FROM PLANT MATERIALS TO MAINTAIN THE CARDIOVASCULAR SYSTEM

Repilova K.A.[1], Trigub V.V.[1]

[1)] Tyumen Industrial University, Tyumen, 625000, Russian Federation

According to the Federal State Statistics Service of the Russian Federation, an increase in the number of diseases of the cardiovascular system has recently been observed. In this regard, the development of functional food products aimed at correcting the nutrition of people is relevant.

Целью данной работы является разработка технологии производства новой пищевой добавки из растительного дикорастущего сырья на основе методологии

пищевой комбинаторики с учетом особенностей питания людей с сердечно – сосудистыми заболеваниями и для профилактики данных заболеваний.

Согласно цели работы были поставлены следующие задачи:

1)дать оценку развития рынка функциональных продуктов питания в этом направлении;

2)изучить предпочтения потребителей для разработки функциональных продуктов питания;

3)разработать новую пищевую добавку для приготовления функциональных десертов;

4)дать комплексную оценку разработанной пищевой добавке для приготовления функциональных десертов.

Научная новизна работы заключается в разработке новых пищевых добавок для производства молочно-ягодных десертов для людей с заболеваниями сердечно - сосудистой системы.

Практическая значимость состоит в том, что результаты данной работы в дальнейшем можно применять в качестве рекомендаций для питания населения с сердечно - сосудистыми заболеваниями.

При изучении потребительских предпочтений функциональных продуктов питания следует отметить, что потребители желают, прежде всего, иметь фактографическое подтверждение натуральности сырья и значения от получаемого эффекта, а также отсутствия ксенобиотиков и консервантов.

Для сердечной системы важным фактором является полноценное сбалансированное питание, к которым можно отнести молочные продукты. Молочные продукты богаты различными полезными веществами и микроэлементами. Регулярное употребление молочных продуктов приводит к общему оздоровлению организма, что опосредованно влияет на работу сердечной системы. Основными элементами, необходимыми для работы сердца, являются магний и калий. Наибольшее их количество содержится в твороге, йогурте, твердых сортах сыра и в молоке.

Для выполнения данной задачи нами предлагается создать молочно-ягодный десерт, потому что молоко прекрасно сочетается с ягодами. Предложенный премикс состоит из ягод черной смородины, земляники, листьев мелиссы.

1. МР 2.3.1.2432-08 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Феде-рации. – М.: Маркетинг, (2008).

2. Е.Г. Першина. Разработка функциональных продуктов питания на основе методологии пищевой комбинаторики [Рукопись] : дис. … канд. Техн. Наук: 05.18.15 / Е.Г.Першина; ГОУ ВПО РГТЭУ, - Кемерово, (2008).

3. С.Я. Соколов. Справочник по лекарственным растениям./ Соколов С. Я., Замотаев И. П.; Под ред. Недра, (1989).

4. И.М. Скурихин. Химический состав российских пищевых продуктов / Скурихин, И.М, Тутельян В.А. / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. - М.: ДеЛи принт, (2002).

5. Какие молочные продукты полезны для сердца? [Электронный ре-сурс] // Комсомольская правда. – 2019. Режим доступа: https://www.kp.by/daily/26999/4061300/ Дата обращения: 02.12.2019

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ЭХОКАРДИОГРАФИИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ НЕЛИНЕЙНОГО СНИЖЕНИЯ РАЗМЕРНОСТИ ДАННЫХ

Рокеах Р.О.[1], Ушенин К.С.[1, 2], Чумарная Т.В.[1, 2]

[1)] Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт Иммунологии и Физиологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: roman.rokeakh@yandex.ru

PROCESSING ECHOCARDIOGRAPHY DATA WITH MANIFOLD LEARNING METHODS

Rokeakh R.O.[1], Ushenin K.S.[1, 2], Chumarnaya T.V.[1, 2]
[1)] Ural State University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Immunology and Physiology UB RAS, Yekaterinburg, Russia

In our study, we process electrocardiography data with manifold learning and clusterization methods. All patients were separated into two groups with different specificity of responding to the implantation of the cardiac resynchronization therapy device.

Установка устройств сердечной ресинхронизирующей терапии — это единственный на данный момент эффективный метод лечения хронической сердечной недостаточности и дилатационной кардиомиопатии. Однако, значительная часть пациентов не отвечают на терапию. По этой причине, анализ данных, позволяющих предсказать эффективность терапии до ее проведения является важнейшей задачей.

В нашей работе мы обработали данные эхокардиографии 22 пациентов, записанных до и после прохождения процедуры имплантации устройств сердечной ресинхронизирующей терапии[1]. Для исследования были применены методы линейного снижения размерности данных (метод главных компонент), нелинейного снижения размерности данных (t-SNE, nmap) и методы кластеризации данных (k-средних).

В ходе анализа данных из всего множества пациентов выделены две группы с отличающимся эффектом воздействия сердечной ресинхронизирующей терапии в случае ее успеха. Мы также нашли простой статистический критерий, обеспечивающий 100% точность разделения пациентов на две найденные группы.

Мы полагаем, что результаты нашего исследования могут быть востребованы в клинической практике.

Работа была поддержана грантом РНФ (№ 19-14-00134).

1. Chumarnaya T. et al., Computing in Cardiology, 42, 353-356 (2016).

THE EFFECT OF RADIATION ON WHEAT GRAINS

Sadek W.H.[1], Vasirov R.A.[1], Baranova A.A.[1], Selesneva I.S.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsyn
E-mail: waseemhamdy2@gmail.com

Application of low-dose radiation on food products is effective in controlling microorganisms in all stages of development. This work concerns the evaluation of grain odor and color after electron beam irradiation of wheat grain.

The application of ionizing radiation as a food processing method has been shown to be effective in controlling food losses due to insects and microorganisms. Low doses of radiation are effective in controlling insects in all stages of development. Radiation, however, can affect the chemical composition and nutritional quality if applied in dosages above those needed for disinfestation of stored grains. A breakdown of proteins, carbohydrates, lipids, and vitamins due to irradiation has been shown and has to be considered in the application of this method for control of food losses. The milling properties of grains, and the rheological characteristics of dough and batters and the quality of flours to be used for breads, cakes, and pasta products have been shown to be affected by the application of ionizing radiation. The odor, flavor, and tas te of grains and its products become objectionable at high dosages of radiation. After long and exhaustive studies of feeding colonies of animals on irradiated wheat and wheat flour, it was proven that these products were wholesome and nutritious. Acceptability includes a large array of attributes, among them visual appeal, aroma, flavor, texture, mouth feel, convenience, and cultural appropriateness. Some of these desirable properties can be supported by gamma ionizing irradiation and microwave radiation of a foodstuff. However, radiation induced chemical modifications of foodstuffs have the potential to generate unnatural chemical changes with undesirable or toxic properties including the formation of hydrogen peroxide, production of “end products” of the lipid peroxidation process, transformation of permitted synthetic antioxidants to reactive Quinone species, production of breaks in DNA. This certainly will lead to the drying process industry investing in modern technology. Today microwave drying is used mainly for drying of pasta and post-baking of biscuits. However, several other industrial microwave drying applications exist. Microwave drying of grain is carried out on a pilot-plan in USA and Canada. Also, more knowledge about nutritional value, color, taste and aroma is required in order to control of the quality parameters of drying products. This work is a part of the complex investigations performed in order to compare changes induced by ionizing and microwave irradiation of wheat grain. The study concerns the influence on biological activities, nutritional and technological properties as well as grain

susceptibility to insects infestation and evaluation of color and odor of wheat grain. Odor and color makes an essential criterion in the evaluating of cereal grain both in commerce and technology .Frequently off-flavors in food are caused by microbial metabolites the same is true. However, sometimes off-flavors can be produced by processing treatments. This work concerns the evaluation of grain odor and color after gamma and microwave irradiation of wheat grain.

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ РИСКА ПОТЕРИ ЗДОРОВЬЯ НА СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ РАБОТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Савинцева М.С.[1], Константинова Е.Д.[2], Маслакова Т.А.[2], Вараксин А.Н.[2], Анцыгин И.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: m.savintseva@mail.ru

STATISTICAL MODELING OF INFLUENCE OF HEALTH LOSS RISK FACTORS ON THE STATE OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM OF INDUSTRIAL ENTERPRISES WORKERS

Savintseva M.S.[1], Konstantinova E.D.[2], Maslakova T.A.[2], Varaksin A.N.[2], Antsygin I.N.[1]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Industrial Ecology, Ekaterinburg, Russia

This work explores the impact of health loss risk factors on the state of the cardiovascular system of industrial workers. The registration of intervalograms according to Baevsky R.M. and questioning were used as research methods. The data obtained were subjected to statistical analysis.

Предприятия черной и цветной металлургии из-за своей специфики всегда отличались крайне тяжелыми условиями труда, и на данный момент невозможно свести к минимуму воздействие вредных факторов на здоровье работников. Однако, зная зависимость между вредными факторами среды и их влиянием на организм человека, врачи смогут давать своевременные рекомендации, которые помогут вылечить ряд заболеваний и даже предотвратить их.

Данная работа посвящена исследованию воздействия факторов риска потери здоровья на состояние сердечно-сосудистой системы (ССС) работников промышленных предприятий, занятый в производстве меди.

В настоящем исследовании использованы данные о работниках промышленных предприятий Уральского региона, занятых во вредных условиях труда. Клиническая часть работы проведена на базе Екатеринбургского медицинского научного центра. Всего обследовано 295 работников мужского пола в возрасте от 26 до 68 лет (средний возраст 47,6±0,5 лет).

В качестве методов исследования использовались регистрация интервалограмм по Баевскому Р.М. [1] и анкетирование работников. Запись интервалограмм использовалась для анализа вариабельности ритма сердца (ВРС). С помощью анкет была получена информация о возрасте, месте работы исследуемого, вредных привычках, типе вредных воздействий на рабочем месте, ранее поставленных диагнозах.

При анализе ВРС были использованы временные и спектральные показатели: частота сердечных сокращений (HR), среднеквардатичное отклонение (SDNN), амплитуда моды (AMo), стресс индекс (SI), дыхательные волны (HF; 0,15–0,4 Гц), медленные волны 1-го порядка (LF; 0,04–0,15 Гц), медленные волны 2-го порядка (VLF; 0,015–0,04 Гц) и их процентные составляющие – %HF, %LF и %VLF от суммарной мощности спектра.

Для анализа данных использованы: методы описательной статистики (расчеты средних значений и дисперсий), однофакторный и двухфакторный дисперсионный анализ (ANOVA) для поиска взаимосвязей между состоянием ССС и факторами риска потери здоровья и методы сравнения долей.

В результате работы были выявлены изменения со стороны ССС при увеличении стажа работы во вредных условиях. Поведенческие вредные факторы у работников (высокие значения индекса массы тела, высокие значения индекса курения) также статистически значимо влияют на показатели состояния ССС.

1. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М. : Наука (1984).

THE APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELING METHODS IN THE EVALUATION THE RISK OF AN INCREASED INTRAOCULAR PRESSURE AFTER LASER VISION CORRECTION

Senchukov M.N.[1], Pershina L.Yu.[2], Karyakina O.E.[1],
Orudzhova O.N.[1, 3], Karyakin A.A.[3]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
[2)] State Budgetary Health Institution of the Kaliningrad Region City Polyclinic №2
[3)] North State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation
E-mail: olga.orudzhova@yandex.ru

One of the important biophysical tasks is predicting the risk of developing glaucoma in patients undergoing laser vision correction for myopia. A mathematical model has been created for individual prediction of the risk of increased intraocular pressure using regression analysis.

Laser vision correction is widely used in ophthalmology. At present, one of the important biophysical tasks is predicting the risk of developing glaucoma in patients undergoing laser vision correction for myopia.

To construct forecasting models of increased risk of glaucoma, the following parameters were selected: patient's age, biomechanical indicators characterizing the condition of the eye, evaluated before and after vision correction.

Information was obtained from 40 patients (80 eyes) aged 18 to 46 years operated on for myopia using LASIK method in Ophthalmic Laser Clinic LLC (Arkhangelsk), Before laser vision correction, examination of patients included refractometry, keratometry, biometry, and the investigation of the biomechanical properties of the cornea [1, 2]. Goldman's IOP, corneal-compensated IOP, corneal hysteresis, corneal resistance factor, central corneal thickness, applanation time, as well as the time it takes for the cornea to travel from the first "outside" applanation were determined.

Multiple regression analysis was carried out by the method of stepwise exclusion of predictors. The influence of each predictor on the increase of the true intraocular pressure was estimated by the value of the standardized coefficients of the regression equation and the magnitude of their standard errors.

The main biomechanical parameters of the eye that affect intraocular pressure after laser vision correction for myopia having been identified, a mathematical model has been created for individual prediction of the risk of increased intraocular pressure using regression analysis.

1. Journal of Refractive Surgery 32(7), 434 – 435 (2016).
2. Kachanov A.B., Balashevich L.I. Bulletin of OSU. No4. S.153. (2013).

ПОРТАТИВНАЯ МЕДИЦИНСКАЯ РАДИОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Севастьянов М.С.[1], Хохлов К.О.[1], Панкин В.В. [1], Сарычев М.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: m.sevastyanov97@gmail.com

PORTABLE MEDICAL RADIOMETRIC SYSTEM

Sevastyanov M.S.[1], Khokhlov K.O.[1], Pankin V.V.[1], Sarychev M.N.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Development of a PORTABLE MEDICAL RADIOMETRIC SYSTEM for use in clinical medicine for diagnostic purposes. The main goal is to develop the minimum possible size of hardware that meets the requirements.

Создание новых РФП и быстрое развитие радиодиагностической аппаратуры радикально изменили положение радионуклидной диагностики (РНД) в клинической медицине, открыли широкие возможности получения сведений о биохимических и физиологических процессах и морфологических изменениях в органах и системах человека. На сегодняшний день ведущие фирмы-производители медицинской техники выпускают на мировой рынок аппаратуру, используемую в радионуклидной диагностике, которая практически не производится в странах СНГ, таким образом, это почти на 100 % импортируемые изделия. Их значительные габариты и компоновка предусматривают использование только в качестве стационарных диагностических средств. Они характеризуются значительной стартовой стоимостью, сложностью и дороговизной сопровождения в течение жизненного цикла. Все перечисленные особенности можно рассматривать как сдерживающие факторы для распространения высокотехнологичных и информативных методик РНД. С учетом достижений промышленности и новых аппаратных решений регистрации ионизирующего излучения (ИИ), становится актуальной задача по разработке портативной медицинской радиометрической системы, лишенной недостатков импортной диагностической аппаратуры.

В результате работы были спроектированы структурная блок-схема и принципиальная электрическая схема устройства, выполнено моделирование работы схемы, трассировка печатной платы в комплексной системе автоматизированного проектирования радиоэлектронных средств с экспортом технической документации в формате Gerber-файлов для последующей отправки на производство. Выполнен монтаж радиоэлементов на спроектированные платы с проверкой работоспособности. Проведен ряд экспериментов с источником гамма-излучения для предъявления требований к схеме по дальнейшей обработке сигнала.

1. Панкин С.В., Сарычев М.Н. АНРИ, №2, 40-47 (2018).

2. Bazukov S.I., Kopelyan E.I., Sedunova I.N., et al. Сборник докладов X Иссык-Кульской международной конференции по радиационной физике SCORPH-2013, 174-179 (2013).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОКСИЧЕСКИХ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА РАЗЛИЧНЫХ ХЕМОСЕНСОРОВ

Щапов И.Е.[1], Баранова А.А.[1], Хохлов К.О.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: quemedaganas@gmail.com

RESEARCH OF EFFECTS OF TOXIC NITROGEN CONTAINING SUBSTANCES ON THE LUMINESCENT FEATURES OF VARIOUS CHEMOSENSORS

Shchapov I.E.[1], Baranova A.A.[1], Khokhlov K.O.[1]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation

The article is devoted to the problem of detecting toxic explosive nitrogen-containing substances widely used in industrial production. The effect of several compounds with narcotic and toxic properties on the luminescence intensity of four sensory elements was investigated.

На сегодняшний день в мире существует проблема отравления экосистем соединениями азота. Азотсодержащие вещества также опасны при прямом контакте с человеческим организмом (через слизистые или дыхательные пути), и могут нанести непоправимый вред здоровью. Актуальность исследования связана с необходимостью контролировать наличие следовых количеств веществ, обладающих токсическими и наркотическими свойствами, чтобы вовремя предпринимать соответствующие меры по поддержанию концентрации таких веществ ниже уровня ПДК [1, 2, 3].

Данное исследование проводилось с использованием мобильного обнаружителя «Заслон-М», детектирующего соединения азота за счет явления тушения люминесценции [4]. Сенсорные элементы, свойства которых были исследованы в данной работе, были синтезированы сотрудниками ИОС УРО РАН.

Ранее исследования в этой области проводились для детектирования взрывчатых веществ, а также для определения мешающих факторов при их поиске. Целью данной работы являлось определение возможности детектирования токсических, наркотических средств с помощью данной технологии.

В ходе эксперимента было рассмотрено 6 вредных веществ, ПДК которых регламентированы в гигиенических нормативах: аллиламин, диэтиламин,

морфолин, трет-бутиламин, триэтиламин и этилендиамин. На рисунке приведен график изменения интенсивности люминесценции ряда хемосенсоров при контакте молекул этилендиамина с ними.

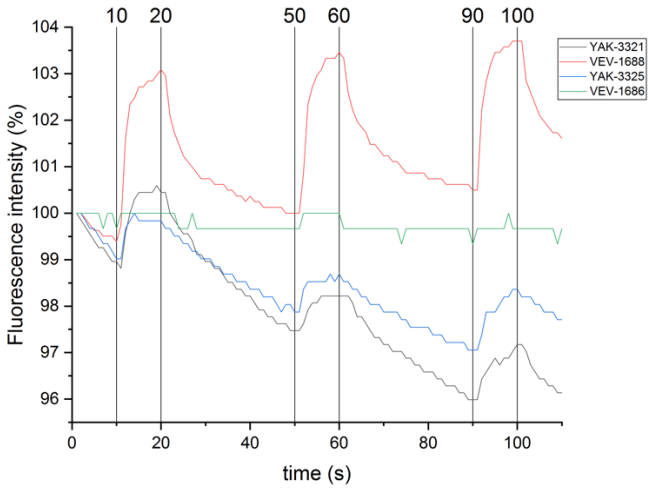


Рис. 1. График изменения интенсивности люминесценции хемосенсоров при воздействии этилендиамина.

Кривые изменения интенсивности люминесценции хемосенсоров при воздействии других исследованных соединений имеют аналогичный вид.

Результаты исследований, во-первых, сообщают о люминесцентных свойствах хемосенсоров, во-вторых, показывают, что интенсивность люминесценции хемосенсоров при контакте с аминами повышается, в отличии от контакта хемосенсоров с нитрогруппами, что будет являться отличительным фактором при детектировании неизвестного соединения. Полученные данные являются основой для создания информационной базы, которую необходимо будет дополнять будущими исследованиями в этой области.

1. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

2. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

3. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

4. Патент РФ № 2014146811/28, 20.11.2014.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АЭРОЗОЛЯ В ПРИЗЕМНОМ ВОЗДУХЕ СРЕДНЕГО УРАЛА

Щелканов А.А.[1], Поддубный В.А.[1], Маркелов Ю.И.[1], Лужецкая А.П.[1], Гадельшин В.М.[2, 3], Коваленко М.А.[2], Блинова М.О.[2], Нигматзянов Р.Р.[2]

[1)] Институт промышленной экологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Майнцский университет имени Иоганна Гутенберга, г. Майнц, Германия
E-mail: alex.ekbfti@gmail.com

INVESTIGATION OF CHEMICAL COMPOSITION OF AEROSOL IN THE SURFACE AIR OF THE MIDDLE URALS

Shchelkanov A.A.[1], Poddubny V.A.[1], Markelov Yu.I.[1], Luzhetskaya A.P.[1], Gadelshin V.M.[2, 3], Kovalenko M.A.[2], Blinova M.O.[2], Nigmatzyanov R.R.[2]

[1)] Institute of Industrial Ecology UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[3)] Johannes Gutenberg University Mainz, Germany

The relevance of studying the physicochemical properties of atmospheric aerosol is considered in the work. The results of measurements of aerosol PM2.5 for urban and background measurement points are presented. The necessity of studying the chemical composition of aerosol particles is substantiated.

Антропогенные источники являются основными источниками аэрозольного загрязнения атмосферы. В городских районах загрязнение, в основном, связано с транспортом, энергетическими и промышленными объектами [1]. Такое многообразие источников обуславливает физико-химические свойства аэрозольных частиц. Во многих научных исследованиях продемонстрировано, что аэрозоли с аэродинамическим диаметром до 10 мкм, из-за широкого распределения по размерам и сложного химического состава оказывают большое влияние на климат, окружающую среду и здоровье людей [2-4].

Начиная с 2016 года, в Институте промышленной экологии УрО РАН проводится регулярный мониторинг концентрации аэрозоля PM2.5 (аэрозоль с аэродинамическим диаметром до 2,5 мкм). Измерения выполняются с применением оптических сенсоров Panasonic, по принципу «город – фон» в двух точках – в Екатеринбурге и в Коуровской астрономической обсерватории (КАО) УрФУ, расположенной в 70 километрах западнее Екатеринбурга.

На рис. 1 представлены боксовые диаграммы результатов измерений за два полных года с учётом калибровочных коэффициентов для приборов. Для статистического анализа данных применялся U-критерий Манна-Уитни. Результаты тестов показывают наличие статистически значимой разницы между результатами измерений на протяжении двух лет: как видно из диаграмм, ни медианные

значения, ни их доверительные интервалы, обозначенные горизонтальными полосами и засечками на боксах соответственно, не пересекаются. Также установлено, что в Екатеринбурге («город») медианные значения концентраций аэрозоля PM2.5 выше, чем в Коуровской астрономической обсерватории («фон»), что, вероятно, обусловлено большим вкладом антропогенных источников аэрозолей.

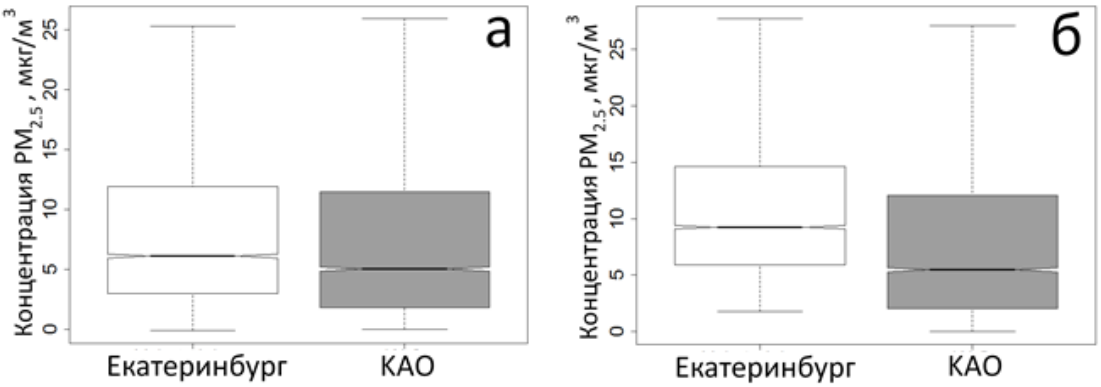


Рис. 1. Боксовые диаграммы концентрации PM2.5 в приземном слое (а) – 2017 и (б) – 2018 годах.

Для определения доли антропогенного аэрозоля необходимо определение химического состава аэрозольных микрочастиц в точках измерения. Известны также исследования многих научных групп по анализу химических свойств поверхности аэрозолей различного размера [5]. Знание распределения веществ по поверхности и в объёме микрочастицы, что позволит сделать выводы об их воздействии на население и окружающую среду. Настоящая работа представляет собой совместный проект кафедры технической физики Физико-технологического института УрФУ и лаборатории эколого-климатических проблем Арктики Института промышленной экологии УрО РАН. Планируется изучение уровня загрязнения атмосферы в Уральском регионе методами химического анализа (для определения химического состава исследуемых аэрозолей), а также методом масс-спектрометрии вторичных ионов (для определения распределения вещества по их поверхности).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-05-50138.

1. Karagulian F., et al., Contributions to cities' ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level, Atmospheric Environment 120, P. 475-483, (2015)

2. Hamra G.B., et al., Outdoor Particulate Matter Exposure and Lung Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis, Environ Health Perspect 122 (9), P. 906-911, (2014)

3. Schraufnagel D.E., MD, et al., Air Pollution and Noncommunicable Diseases. A Review by the Forum of International Respiratory Societies Environmental Comittee. Part 2: Air Pollution and Organ Systems, Chest 155, P. 417-426, (2018)

4. Buseck P.R., Posfai M., Airborne minerals and related aerosol particles: effects on climate and the environment, Proceedings of the National Academy of Sciences 96 (7), P. 3372-3379, (1999)
5. Atzei D., et al., Surface chemical characterization of PM10 samples by XPS, Applied Surface Science 307, P. 120-128(2014)

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ФАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ

Шикляева К.А.[1], Буракова И.Н.[1]

[1)] Тюменский индустриальный университет, Тюмень 625000, Россия
E-mail: shiklyaeva-kristin@mail.ru

A MODERN APPROACH TO ASSESSING THE ACTUAL NUTRITION OF STUDENTS

Shiklyaeva K.A.[1], Burakova I.N.[1]
[1)] Tyumen Industrial University, Tyumen 625000, Russia

The scientific and theoretical substantiation of the state of health of students with a lack of useful vitamins and minerals for anti-stress orientation and excessive sleep is carried out.

В последнее время проблеме состояния здоровья студентов уделяется большое внимание, потому что, так как в России большинство учащихся имеют хронические болезни. Рассматривая вопрос о проблемах здоровья студентов, можно выделить основные негативные аспекты, которые повышаются во время сессии:

-нарушение сна: недосыпание и прерывистый сон как следствие повышенной тревожности;

-навязчивые мысли о экзаменах, дисциплинах и т.д.;

-высокая нагрузка на организм;

-снижение двигательной активности;

-сильные эмоциональные переживания [1-2];

Так же, за последние 4 года практически не изменилась структура заболеваемости среди студентов. По данным статистики, по нозологии на первом месте неизменно диагноз переутомление. На втором месте по частоте поставленных диагнозов находится вегето-сосудистая дистония. На третьем месте неизменно были заболевания ЖКТ, но в 2015 и в 2016 годах они переместились на четвертое место, уступив третье место сколиозу.

Целью исследования изучение качественного состава рациона питания студентов в период их учебной деятельности.

Задачи:

1) Определение факторов;

2) Определение витаминов и микро- макро- элементов для восполнения в организме полезными свойствами.

3) Подбор продуктов с антистрессовой направленностью и недостатком сна.

Новизна: Подбор полезных витаминов и минеральных веществ с антистрессовой направленностью и недостатком сна.

Практическая значимость работы заключается в оценке особенностей жизнедеятельности студентов, в выяснении возможных причин нарушений их здоровья и низкой успеваемости.

1. Т.Н. Петрова, А.А. Зуйкова, О.Н. Краснорукая. Вестник новых медицинских технологий, №2, 72-77 (2013).

2. О.С. Аминова, Ю.Е. Уварова, Н.Н. Тятенкова. Медико-биологические науки, №1, 66-77 (2017).

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ НЕОНАТАЛЬНЫХ КАРДИОМИОЦИТОВ КРЫСЫ МЕТОДОМ ПОПУЛЯЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Шмарко Д.В.[1, 2], Нестерова Т.М.[1, 2], Ушенин К.С.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

[2)] Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения РАН

E-mail: d.shmarko@yandex.ru

IDENTIFICATION OF MODEL PARAMETERS OF RAT NEONATAL CARDIOMYOCYTES BY POPULATION MODELING

Shmarko D.V.[1, 2], Nesterova T.M.[1, 2], Ushenin K.S.[1, 2]

[1)] Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

[2)] Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

The study is devoted to the application of the method of analyzing experimental data, which allows generate a population of mathematical models of cardiomyocytes and select from this population only those that correspond to experimental data.

Математические модели электрофизиологии кардиомиоцитов широко используются при интерпретации экспериментальных данных, моделировании действия лекарств и предсказания возможных механизмов наблюдаемых явлений. Кроме того, параметры моделей имеют физический смысл и получены в результате биофизических экспериментов. Для идентификации параметров в математических моделях всё чаще применяют метод популяционного моделирования. Существенным преимуществом этого метода является возможность

восстановления значения параметров модели вместе с их дисперсией на основе экспериментальных данных.

В данной работе представлены результаты реализованного метода анализа экспериментальных данных. Метод позволяет автоматически генерировать популяцию математических моделей кардиомиоцитов и отбирать из этой популяции только те из них, которые соответствуют экспериментальным данным.

Предложенный метод заключается в создании популяции моделей и сравнении формы потенциала действия (ПД) каждой модели из популяции с конкретной экспериментальной записью ПД предсердных клеток новорожденных крыс. Разница между формой потенциалов действия находится как функция расстояния между модельными и экспериментальными данными ПД в каждый момент времени. Далее находится диапазон параметров вблизи математического ожидания полученного распределения, дающий наиболее близкие к нулю значения разности сигналов. После этого считается функция плотности вероятности с использованием меры неправдоподобия [1]. Анализ функции плотности вероятности показывает, насколько хорошо подобраны параметры модели.

В исследовании была выбрана модель электрической активности предсердных неонатальных клеток крысы Majumder [2] и экспериментальные данные о нормальном неонатальном развитии клеток новорождённых крыс. Для модели был проведён анализ чувствительности и выбрано несколько параметров (gNa, gNa, gK1, gNCX, gCaL), вариация которых способна описать наиболее широкий диапазон различных форм ПД. Рисунок 1 иллюстрирует применение подхода при подборе значения максимальной проводимости калиевого тока IK1.

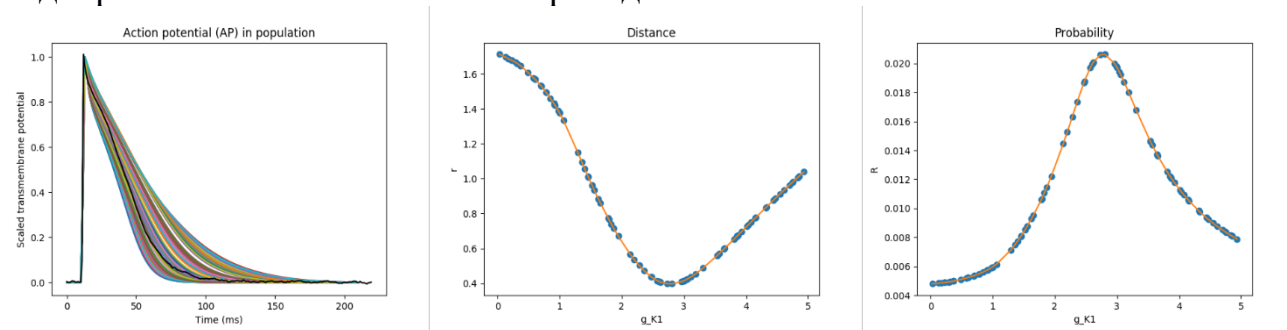


Рис. 1. A: Сравнение модельной популяции (цветные линии) с экспериментальными данными (жирная чёрная линия). B: Функция расстояния между модельными и экспериментальными данными для значения максимальной проводимости ионного тока IK1, где за 1.0 принято оригинальное значение из статьи [2]. C: Функция плотности вероятности для параметра модели.

В докладе будут представлены результаты применения метода к имеющемуся набору экспериментальных данных с целью подбора различных комбинаций параметров модели.

Работа была поддержана грантом РФФИ № 18-015-00368, темой гос. задания ИИФ УрО РАН АААА-А18-118020590031-8, грантом Президиума РАН, Постановлением правительства 211 от 16 марта 2013 года.

1. Coveney S., Clayton R. H. Progress in biophysics and molecular biology, 139, 43-58 (2018).
2. Majumder R., Jangsangthong W., Feola I., Ypey D. L., Pijnappels D. A., and Panfilov A. V. PLoS computational biology, 12(6), e1004946 (2016).

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА СЕРДЦА ЧЕЛОВЕКА

Шолохов В.Д.[1], Ушенин К.С.[1, 2], Докучаев А.Д.[2],
Хамзин С.Ю.[1, 2], Зверев В.С.[1, 3]

[1)] Уральский Федеральный Университет
[2)] Институт Иммунологии и Физиологии
[3)] Институт Математики и Механики
E-mail: vdsholokhov@yandex.ru

ELECTROMECHANICAL MODEL OF THE LEFT VENTRICLE OF THE HUMAN HEART

Sholokhov V.D.[1], Ushenin K.S.[1, 2], Dokuchaev A.D.[2],
Khamzin S.Yu.[1, 2], Zverev V.S.[1, 3]
[1)] Ural Federal University
[2)] Institute of Immunology and Phisiology
[3)] Institute of Mathematics and Mechanics

We developed a mathematical model of the left ventricle electromechanical function of the human heart. We examine one full cycle of the left ventricle contraction with various parameters of the speed of the wave of excitation and spin of the myocardial fibers in the ventricle wall.

Математическое моделирование имеет важное значение для изучения живых систем. В том числе модели механической функции миокарда могут быть применены для исследования механизма сокращения миокарда и обеспечения фракции выброса в соответствии с нагрузкой на организм человека.

В нашей работе мы разработали математическую модель насосной функции левого желудочка сердца человека. Геометрия модели была персонализирована по данным эхокардиографии. Для моделирования электрофизиологической функции левого желудочка сердца использовалась модель Алиева-Панфилова [1]. Механические свойства миокардиальной ткани описывались моделью Goktepe-

Kuhl [2]. Для моделирования гемодинамики организма использовалась система сосудистого русла Сёмина-Цатуряна-Зберии-Кубасовой [3].

В докладе будут представлены графики давления-объема в течение одного полного цикла сокращения левого желудочка при различных параметрах скорости проведения волны возбуждения, параметрах гемодинамики организма и закрутки волокон миокарда в стенке желудочка.

Мы полагаем что наше исследование позволит установить фундаментальные закономерности, объясняющие архитектонику левого желудочка с точки зрения ее эффективности для обеспечения фракции выброса при нормальных и патологических условиях.

1. Aliev R. R., Panfilov A. V., Chaos, Solitons & Fractals, 7, 293–301 (1996).
2. Göktepe S. et al., Comput. Mech., 45, 227–243 (2009).
3. Сёмин Ф. А., и др., Биофизика., Т. 60, № 6., 1180–1185 (2015).

РАЗРАБОТКА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ДЕФИБРИЛЛЯТОРА

Сидорова А.А.[1], Севастьянов М.С.[1], Хохлов К.О.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: anastasiasidorova2013@gmail.com

DESIGN AND ECONOMIC OPTIMIZATION OF THE DEVICE FOR FOR MONITORING THE DEFIBRILLATOR OUTPUT SIGNAL

Sidorova A.A.[1], Sevastyanov M.S.[1], Khokhlov K.O.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The purpose of the work is the development of a display device of the output voltage of the defibrillator for maintenance service. The main goals in the design are low cost and import substitution.

В настоящее время в сфере технического обслуживания медицинского оборудования нет нормативно-правовых требований к периодичности осуществления контроля за выходными параметрами дефибриллятора, так как данное устройство не относится к средствам измерения, а полноценный инструментальный контроль является дорогостоящим и избыточным в рамках срока эксплуатации, регламентированного производителем. Производитель в рамках срока эксплуатации гарантирует соответствие параметров выходного импульса, однако при условии соблюдения условий эксплуатации. Таким образом, для отделений кардиологии, экстренной помощи, где использование подобного оборудования широко

распространено является актуальным вопрос о программно-аппаратном комплексе для контроля выходных характеристик данного оборудования. На сегодняшний день для инструментального контроля используют специализированные устройства, анализирующие выходной сигнал внешних дефибрилляторов с высокой точностью. Данные устройства используются для калибровки параметров на заводе-изготовителе и при проведении ремонтных работ. Основным недостатком этих приборов является их высокая цена, все существующие на рынке модели – импортные, с избыточным в практике по техническому обслуживанию набором функций.

В ходе данной работы был разработан индикатор выходного напряжения дефибриллятора с биполярным трапецеидальным сигналом в качестве аналога зарубежных анализаторов для использования электротехническим персоналом. Составлена принципиальная электрическая схема, разработана блок-схема программы. Данная схема была реализована на макетной плате с разработкой программного обеспечения, протестирована с различными моделями дефибрилляторов, существующих на рынке.

Итоговое устройство имеет значительно более низкую стоимость относительно существующих аналогов импортного производства. Следующим этапом развития данного устройства является его метрологическая сертификация по требованиям, предъявляемым измерительным устройствам в области здравоохранения.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ РАЗЛИЧИЯ АКТИН-МИОЗИНОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В МИОКАРДЕ ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ СВИНЦОВОЙ ИНТОКСИКАЦИИ ОРГАНИЗМА КРЫСЫ

Герцен О.П.[1], Симанова Ю.А.[2], Тышова В.О.[2], Набиев С.Р.[1], Никитина Л.В.[1], Селезнева И.С.[2]

[1)] Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия
[2)] Химико-технологический институт, Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: yulia.simanova@icloud.com

REGIONAL DIFFERENCES OF ACTIN-MYOSIN INTERACTION IN MYOCARDIUM AT CHRONIC LEAD INTOXICATION OF RAT ORGANISM

Gerzen O.P.[1], Simanova Yu.A.[2], Tyshova V.O.[2], Nabiev S.R.[1], Nikitina L.V.[1], Selezneva I.S.[2]

[1)] Institute of Immunology and Physiology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Lead intoxication was modeled by intraperitoneal injection of lead acetate to rats. Lead intoxication reduced the velocity of filament movement because of the shift of myosin isoforms towards slow ones and influenced on calcium activation, and the changes were diverse for different heart chambers.

Свинец – распространённый тяжелый металл, присутствующий в среде обитания человека – воздухе, воде, продуктах питания, домашней пыли, почве. Накопление свинца в окружающей среде характеризуется стойкостью и создаёт условия для токсического воздействия даже через много лет после прекращения промышленной эмиссии. В организме 90% всего свинца накапливается в костях, откуда он выводится в течение десятилетий и служит дополнительным источником интоксикации.

Свинец отрицательно влияет на все системы организма, включая сердечно-сосудистую. А поскольку сердечно-сосудистые болезни являются основной причиной смертности в мире, то сердце становится уязвимой мишенью для свинца. При этом, влияние свинца на функцию сердечной мышцы мало изучено, а региональные различия адаптации к хронической свинцовой интоксикации на данный момент не исследованы.

Цель – изучить различия актин-миозинового взаимодействия в разных отделах сердца при хронической свинцовой интоксикации организма крысы.

Аутбредным крысам-самцам возрастом 3 месяца на начало эксперимента внутрибрюшинно вводили сублетальные дозы ацетата свинца (II) (однократно 12,5 мг/кг массы тела по свинцу) 3 раза в неделю в течение 5 недель (группа «Pb»).

Группе контрольных («К») крыс вводили тот же объем стерильной дистиллированной воды. Процентное соотношение тяжелых цепей миозина (ТЦМ) в миокарде разных отделов сердца крыс определяли с помощью денатурирующего гель-электрофореза с последующей окраской кумасси и сканированием с помощью денситометра (BioRad) [1]. Методом искусственной подвижной системы (in vitro motility assay) определяли скорость движения реконструированных тонких филаментов, состоящих из актина, тропонина и тропомиозина, по миозинам, выделенным из разных отделов сердца крыс групп «К» и «Pb» при разных концентрациях кальция в растворе. По характеристикам связи «pCa-скорость», таким как коэффициент кооперативности Хилла и кальциевая чувствительность (pCa50), оценивали влияние свинцовой интоксикации на сократительную активность миокарда и её регуляцию в разных отделах сердца крыс [3].

Выраженная свинцовая интоксикация приводит к снижению кальциевой чувствительности миозина во всех отделах сердца. Коэффициент кооперативности Хилла для миозина всех отделов был незначимо выше в группе, подвергнутой свинцовой интоксикации. Максимальная скорость движения реконструированных тонких филаментов по миозину была ниже для всех отделов сердца. Данное снижение объясняется изменением соотношения ТЦМ в сторону более медленных [2], что является адаптивным энергосберегающим молекулярным механизмом при перегрузке сердца.

Вышеуказанные изменения кальциевой регуляции и скорости могут говорить о возможной гипертрофии сердца под влиянием хронической свинцовой интоксикации. При этом, несмотря на однонаправленный сдвиг по каждому отдельному показателю, их количественный сдвиг различен и зависит от отдела сердца. Таким образом, свинцовая интоксикация оказывает влияние различной интенсивности на разные отделы сердца.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП ИИФ УрО РАН в рамках темы ИИФ Уро РАН №АААА-А19-119070190064-4.

1. Reiser P.J., Kline W.O. Am. J. Physiol. 274, H1048–H1053 (1998).

2. Protsenko, Y.L., Katsnelson, B.A., Klinova, S.V., Lookin, O.N., Balakin, A.A., Nikitina, L.V., Gerzen O.P., Nabiev S.R., Minigalieva I.A., Privalova L.I. and Gurvich, V.B. Food and chemical toxicology 125, 233-241 (2019).

3. Никитина Л.В., Г.В. Копылова, Д.В. Щепкин, С.Р. Набиев, Бершицкий С.Ю. Успехи биол. химии 55, 255–288 (2015).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ СЕРДЦА

Слабодчикова Д.С.[1], Соколова К.В.[1, 2], Хохлова А.Д.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
[2)] Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук
E-mail: degu333@rambler.ru

THE USE OF AUTOMATIC IMAGE PROCESSING TO STUDY THE CONNECTIVE TISSUE OF THE HEART

Slabodchikova D.S.[1], Sokolova K.V.[1, 2], Khokhlova A.D.[1, 2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Immunology and Physiology, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg

A study of the connective tissue of the heart is necessary to identify mechanisms of cardiac pathologies. We use the software CT-FIRE for morphometric analysis of collagen fibers, including angle, length, straightness and width in the healthy heart and in type 1 diabetes.

Исследование соединительной ткани сердца необходимо для выявления патологических состояний, вызванных различными заболеваниями. Существуют различные методики решения данной задачи. Одной из них является анализ коллагеновых волокон. Целью данной работы являлось использование метода количественной оценки характеристик коллагеновых волокон путем обработки изображений с помощью программных пакетов.

Эксперименты проводились на взрослых крысах линии Wistar в соответствии с положениями, изложенными в Директиве 2010/63/EU. В качестве патологической модели был выбран сахарный диабет 1 типа (СД1). СД1 моделировали путем трехкратного внутрибрюшинного введения в течение недели раствора аллоксана (Диаэм, Россия). Гистохимический анализ структурных изменений в камерах сердца при СД1 проводился на парафиновых срезах миокарда предсердий и желудочков толщиной 4 – 4.5 мкм. Окрашивание пикросириус красным (Direct Red 80, Sigma-Aldrich, США) проводилось для выявления коллагеновых волокон при использовании лазерной конфокальной микроскопии. Срезы исследовались на увеличении 200X с использованием конфокального лазерного сканирующего микроскопа LSM 700 (Carl ZEISS, Германия) при возбуждении с помощью аргонового лазера с длиной волны 561 нм (для регистрации флуоресценции коллагеновых волокон, канал 1) и 488 нм (для регистрации автофлуоресценции остальных клеток, канал 2). Регистрация флуоресценции осуществлялась в диапазоне 566 - 685 нм и 493 – 556 нм в каналах 1 и 2, соответственно. Анализ изображений

проводился с помощью программы CT-FIRE, основанной на программном пакете MATLAB [1].

По изображениям гистологических срезов были исследованы отдельные коллагеновые волокна и получена количественная оценка морфометрических характеристик волокна, включая угол закрутки, длину и ширину волокна. Было показано, что СД1 приводит к изменению указанных характеристик по сравнению с интактными сердцами.

Работа поддержана РНФ № 18-74-10059.

1. J. S. Bredfeldt et al. J. Biomed. Opt. 19, 016007–016007 (2014).

ОПТИЧЕСКИЙ ЗАХВАТ И МАНИПУЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИМИ МИКРОЧАСТИЦАМИ С ЦИФРОВЫМ ГОЛОГРАФИЧЕСКИМ ВИЗИРОВАНИЕМ

Соколенко Б.В.[1], Шостка Н.В.[1], Полетаев Д.А.[1]

[1)] Крымский федеральный университет имени В.И.Вернадского
E-mail: simplexx.87@gmail.com

OPTICAL TRAPPING AND MANIPULATION OF BIOLOGICAL MICRO PARTICLES WITH DIGITAL HOLOGRAPHIC VISUALIZATION

Sokolenko B.V.[1], Shostka N.V.[1], Poletaev D.A.[1]
[1)] Crimean Federal University named after V.I.Vernadsky

The design of optical tweezers based on uniaxial crystal anisotropy for generation of adjustable traps array carrying optical vortex with orbital angular momentum in coupling with digital holographic microscopy is considered.

Одним из практически важных векторов развития современной оптики является направление, посвященное изучению процессов взаимодействия лазерного излучения с веществом, в частности, принципов управления микрообъектами и их агломератами посредством оптических ловушек [1].

Векторные пучки и их массивы, используемые в качестве оптических ловушек, позволяют осуществить захват исследуемых микрообъектов, а также управлять положением этих объектов в пространстве. Уникальной особенностью работы существующих оптических ловушек является то, что захват исследуемого объекта может быть произведен непосредственно в среде, как в жидкой, так и газообразной, что позволяет изучать непосредственно сам объект без учета взаимодействия с подложкой. Во избежание перегрева исследуемого объекта используются сингулярные пучки, имеющие заранее заложенную в структуре светового поля конфигурацию с минимумом интенсивности на оси. Попав в такой пучок,

поглощающая частица удерживается в его осевой области, и при определенных условиях не может проникнуть сквозь область периферии пучка с максимумом интенсивности. Любой сдвиг частицы приводит к нагреву той ее части, которая находится в контакте с периферической частью. Возникающая разность давлений на холодную, ближнюю к центру пучка с минимумом интенсивности, часть частицы и разогретую возвращает частицу в положение устойчивого равновесия внутри оптической ловушки с пространственной структурой распределения интенсивности поля, обусловленной векторной природой пучка [2]. В настоящей работе рассмотрено воздействие потери симметричной структуры поля в области захвата на эффективность оптической ловушки. Контролируя наклон одноосного кристалла, можно управлять формой зоны захвата с высокой точностью. В сочетании с оптическим захватом, применение традиционной микроскопии будет затруднять наблюдение за объектами в целом из-за незначительной глубины резкости и малой числовой апертуры, ограничивающей ширину обзора. В данном случае оптимальным становится выбор цифровой голографии как способа получения изображения и информации о его оптической плотности, возможности которой позволяют также по одному голографическому снимку осуществить фокусировку в значительно большем объеме, чем позволяют оптические микроскопы механической настройкой. Применение схемы цифровой голографической визуализации актуально при исследованиях больших объемов среды с исследуемыми объектами [3].

Исследования выполнены при поддержке стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам № СП-745.2019.4

1. Shvedov V. G. J. Opt. Soc. Am. B. 30, 1–6 (2013).
2. Ivanov M. O., Shostka N. V. J. Opt.18, 075603 (2016).
3. Prisiazhniuk A. V. J. Phys.: Conf. Ser.1400, 066042 (2019).

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Стрижак Я.А.[1], Попов В.Г.[1]

[1)] Тюменский Индустриальный Университет, Тюмень, Российская Федерация
E-mail: sechoshochemya1@gmail.com

DEVELOPMENT OF A FUNCTIONAL PRODUCT FOR DISEASE PREVENTION OF CARDIO-VASCULAR SYSTEM

Strizhak Ya.A.[1], Popov V.G.[1]

[1)] Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation

Использование тыквы в качестве основного ингредиента батончиков для повышения полезных качеств продукта.

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) – это группа болезней сердца и кровеносных сосудов. Причинами сердечно-сосудистых заболеваний являются нарушения деятельности сердца и кровеносных сосудов. В число этих заболеваний входят ишемическая болезнь сердца (инфаркты), цереброваскулярная болезнь (инсульт), повышенное кровяное давление (гипертония), болезнь периферических артерий, ревматический порок сердца, врожденный порок сердца и сердечная недостаточность. Основными причинами развития сердечно-сосудистых заболеваний являются употребление табака, отсутствие физической активности и нездоровое питание из-за которого появляется холестерин в крови, стрессы в России на первом месте стоит смертность от заболеваний сердца и сосудов, это порядка 55% от общего числа умерших. Только за полгода по этой причине скончались 525 431 человек. Среди этой группы заболеваний в России лидируют ишемия сердца - 29,1% (278 395 человек) и цереброваскулярные болезни - 16,9% (161 658 человек). Для профилактики развития заболеваний сердечно-сосудистой системы в лаборатории Тюменского индустриального университета было разработано функциональное кондитерское изделие – батончик, глазированный шоколадом.

Основными ингредиентами при создании являются продукты растительного сырья (Рис. 1). Рацион питания должен быть здоровым и состоять из фруктов, овощей, орехов, рыбы. Такие продукты питания, как сливочное масло, колбасы, жирные молочные продукты, мясо и мучные изделия могут входить в рацион только в очень ограниченном количестве. В батончик добавлено так же ополнительно сырье: финики, орехи, тыквенные семечки и овсяные хлопья, которые богаты витаминами и минеральными веществами. В технологии приготовления батончика сублимационная сушка. В сублиматоре CHRIST. Сублимация широко применяется в пищевой промышленности, один из основных методов это лиофилизация, метод мягкой сушки. На основании полученных экспериментальных

результатов можно сделать вывод, что полученный продукт, на основе растительного сырья, имеет комплекс необходимых нутриентов, способных оказывать профилактическое воздействие на деятельность сердечно-сосудистой системы организма.

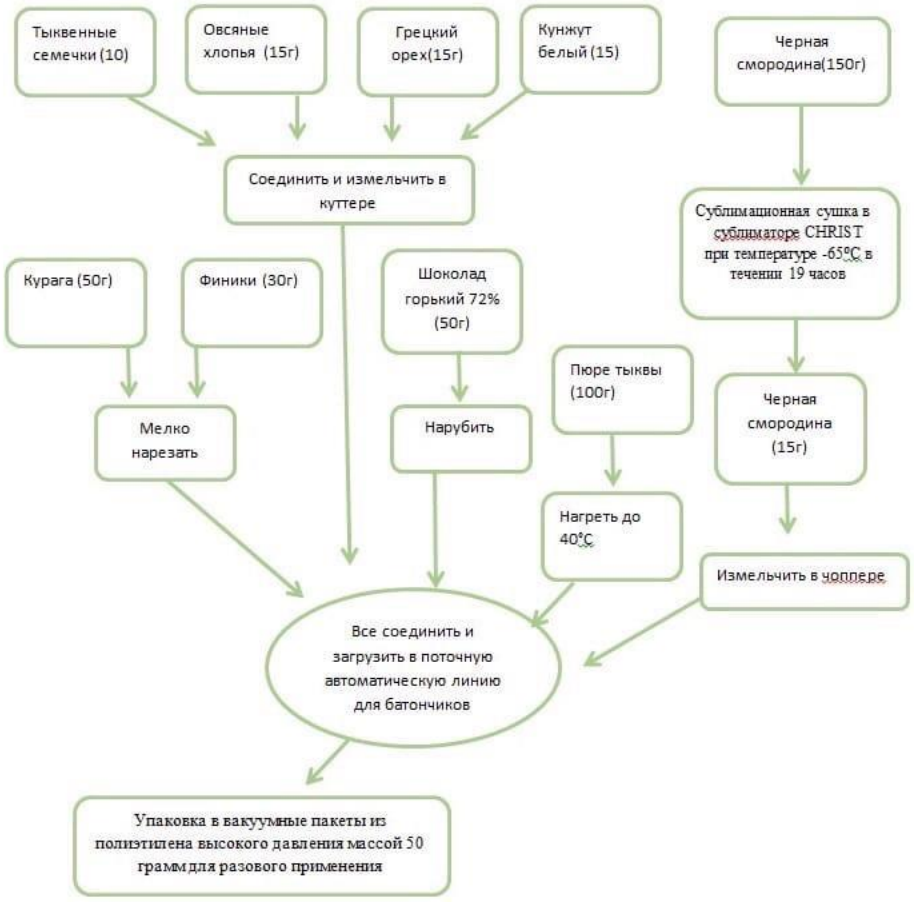


Рис. 1. Технология приготовления батончика «Heart»

Разработка функциональных продуктов питания массового спроса, представляющих собой новое поколение пищевых продуктов, позволяет потребителям заботиться о своем здоровье, блокировать нежелательные процессы в организме.

1. ГОСТ Р 52349-2005 Продукты пищевые. Продукты функциональные – М.: Стандартинформ, (2008).

2. И.М. Скурихина Химический состав российских пищевых продуктов: справочник / И.М. Скурихина, В.А. Тутельян. – М.: ДеЛи принт, (2002).

3. Министерство Здравоохранения РФ [Электронный ресурс] - Режим доступа: www.rosminzdrav.ru

4. Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.apteka.ua/article/319277

5. Сублимационная сушка [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.eft-rus.ru/novosti/60-sublimatsionnaya-sushka-ili-liofilizatsiya

МЕТОД ЭПР СПЕКТРОМЕТРИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Тарханова Е.А.[1], Цмокалюк А.Н.[1], Агданцева Е.Н.[1],
Вазиров Р.А.[1], Соковнин С.Ю.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт электрофизики Уро РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: tarhanova.tarhanchik@mail.ru

EPR SPECTROMETRY FOR FOOD RESEARCH

Tarkhanova E.A.[1], Tsmokalyuk A.N.[1], Agdantseva E.N.[1],
Vazirov R.A.[1], Sokovnin S.Yu.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Electrophysics, Ural Branch RAS, Yekaterinburg, Russia

In this work, a qualitative analysis is carried out by EPR methods in the middle region. Processes occurring in a number of plant foods when exposed to various doses. Using the EPR method, it was found that the starting materials contain a small amount of steam, magnetic centers of free radicals.

В настоящее время одним из направлений современной науки о питании является разработка новых способов исследования безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов [1]. К одному из эффективных методов относится электронный парамагнитный резонанс (ЭПР), который может быть использован не только для фундаментальных исследований различных веществ и процессов в физике, химии, биологии, геологии и других науках, но и, на наш взгляд, имеет прикладной характер для оценки радиационной безопасности пищевой продукции.

Облучение пищевых продуктов – это обработка внешним ионизирующим излучением, которая позволяет снизить содержание в продукции патогенных микроорганизмов, личинок вредных насекомых, подавить прорастание корнеплодов, продлить срок годности скоропортящихся продуктов. При такой обработке радионуклиды не попадают непосредственно в пищевые продукты [2].

Поглощенная доза применяется для определения количества ионизирующего излучения, поглощенного облучаемым веществом. Это одна из фундаментальных физических величин в дозиметрии, поскольку все изменения в объекте облучения происходят под воздействием ионизирующего излучения [3].

Для оценки радиационной безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов страны используются спектрометры ЭПР, отличающиеся своим характеристиками.

1. Кривошеин Д.А., Муравей Л.А., Роева Н.Н. Экология и безопасность жизнедеятельности. учебное пособие для вузов. М: Юнити (2000).

2. Подлегаева Т.В. Просеков А.Ю. Методы исследования свойств сырья и продуктов питания, учебное пособие. Кемерово (2004).
3. Нормы радиационной безопасности НРБ-99.

АКТИН-МИОЗИНОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В МИОКАРДЕ ПРАВОГО ЖЕЛУДОЧКА ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ХРОНИЧЕСКОЙ ИНТОКСИКАЦИИ ОРГАНИЗМА СОЛЯМИ СВИНЦА И КАДМИЯ

Герцен О.П.[1], Тышова В.О.[2], Симанова Ю.А.[2], Набиев С.Р.[1], Никитина Л.В.[1], Селезнева И.С.[2]

[1)] Институт иммунологии и физиологии Уро РАН, Екатеринбург, Россия
[2)] Химико-технологический институт, Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: victoriastrogan@mail.ru

ACTIN-MYOSIN INTERACTION IN THE MYOCARDIUM OF THE RIGHT VENTRICLE AT THE COMBINED CHRONIC INTOXICATION OF THE ORGANISM WITH LEAD AND CADMIUM SALTS

Gerzen O.P.[1], Tyshova V.O.[2], Simanova Yu.A.[2], Nabiev S.R.[1], Nikitina L.V.[1], Selezneva I.S.[2]

[1)] Institute of Immunology and Physiology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Lead and cadmium chronic combined intoxication was modeled by intraperitoneal injection of lead and cadmium salts to rats 3 times a week up to 18 injections. Lead and cadmium combined intoxication changed the maximum velocity and myosin isoforms ratio, and also influenced on calcium activation.

Согласно заключению Комиссии Lancet по вопросам загрязнения и здоровья, именно загрязнение является экологической причиной болезней и преждевременной смерти в мире. Заболевания, вызванные загрязнением, в 2015 году привели к 9 миллионам преждевременных смертей [1]. Загрязнение тяжелыми металлами – одна из глобальных экологических проблем. Влиянию тяжёлых металлов, загрязняющих воздух производственных помещений и окружающую атмосферу, подвергаются значительные человеческие субпопуляции. Недавние исследования показали, что воздействие металлических поллютантов – включая свинец и кадмий – является значительным фактором риска развития сердечно-сосудистых заболеваний [2,4].

Токсичность тяжелых металлов, в том числе свинца и кадмия, подтверждена многочисленными исследованиями in vivo и in vitro, однако, данные об их комбинированном воздействии не исследованы. При этом человек чаще всего

подвергается именно комбинированному воздействию разных соединений тяжелых металлов.

Цель – изучить особенности актин-миозинового взаимодействия в миокарде при хронической комбинированной интоксикации солями свинца и кадмия организма крысы.

Эксперимент был проведен на белых аутбредных крысах-самцах с исходной массой тела 220-225 г. Хроническую интоксикацию моделировали путем повторных внутрибрюшинных инъекций раствора ацетата свинца (II) и хлорида кадмия (II) 3 раза в неделю (до 18 введений) при однократной дозе 6,01 мг по Pb и 0,377 мг по Cd на кг массы тела (группа «Pb+Cd»). Контрольные животные получали инъекции физиологического раствора (группа «К»).

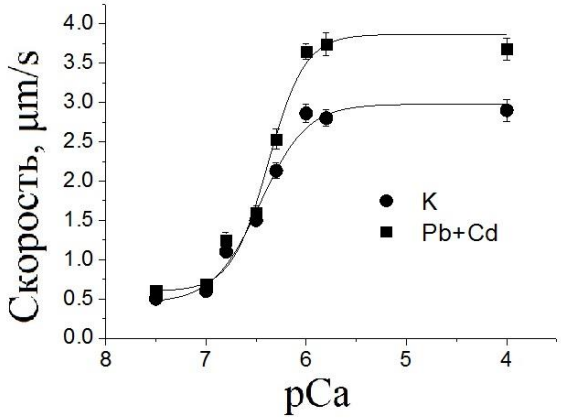


Рис. 1. Зависимость скорости движения тонкого филамента по миозинам из правого желудочка сердца крыс групп «К» и «Pb+Cd» от концентрации кальция. pCa – отрицательный десятичный логарифм концентрации кальция. Скорости представлены как среднее значение ± стандартное отклонение по 6 экспериментам.

Процентное соотношение α- и β-тяжелых цепей миозина (ТЦМ) миокарда правого желудочка крыс определяли с помощью денатурирующего гель-электрофореза с последующей окраской кумасси и сканированием с помощью денситометра [3]. Методом искусственной подвижной системы (in vitro motility assay) определяли скорость движения реконструированных тонких филаментов, состоящих из актина, тропонина и тропомиозина, по миозинам, выделенным из правого желудочка крыс групп «К» и «Pb+Cd» при разных концентрациях кальция в раствор (Рис 1).

По характеристикам связи «pCa-скорость», таким как коэффициент кооперативности Хилла и кальциевая чувствительность (pCa50), оценивали влияние комбинированной свинцово-кадмиевой интоксикации на регуляцию сократительной активности миокарда [5].

Под влиянием хронической свинцово-кадмиевой интоксикации изменялись контрактильные характеристики, в частности, происходило значимое повышение скорости движения тонкого филамента по миозину правого желудочка, что коррелировало с повышением содержания α-ТЦМ. Коэффициент кооперативности Хилла не отличался. Значимых различий в кальциевой чувствительности

найдено не было, однако имелась явная тенденция к снижению данного показателя в группе «Pb+Cd». В этой группе также наблюдался достаточно большой разброс данных скорости, что может говорить о выраженном влиянии индивидуальных особенностей организма на степень проявления комбинированной интоксикации.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП ИИФ УрО РАН в рамках темы ИИФ Уро РАН №АААА-А19-119070190064-4.

1. Landrigan P.J., Fuller R., Acosta N.J.R., Adeyi O., Arnold R., Basu N. et al. The Lancet 391(10119), 462-512 (2017).
2. Lamas G.A., Navas-Acien A., Mark D.B., Lee K.L. J. Am Coll Cardiol. 67(20), 2411-2418 (2016).
3. Reiser P.J., Kline W.O. Am. J. Physiol. 274, H1048–H1053 (1998).
4. Solenkova N.V., Newman J.D., Berger J.S., Thurston G., Hochman J.S., Lamas G.A. Am. Heart J. 168(6), 812-22 (2014).
5. Никитина Л.В., Г.В. Копылова, Д.В. Щепкин, С.Р. Набиев, Бершицкий С.Ю. Успехи биол. химии 55, 255–288 (2015).

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИИ КАРДИОМИОЦИТОВ ПО ПСЕВДО-ЭКГ

Ушенин К.[1, 4], Фабарисова А.[1], Богданов М.[2, 3], Байгильдин С. [3]

[1)] Уральский федеральный университет
[2)] Уфимский государственный авиационный технический университет
[3)] Башкирский государственный педагогический университет
[4)] Институт Иммунологии и физиологии УрО РАН
E-mail: konstantin.ushenin@urfu.ru

EVALUATION OF CARDIOMYOCYTE ELECTROPHYSIOLOGY PARAMETERS FROM PSEUDO-ECG

Ushenin K.[1, 4], Fabarisova A.[1], Bogdanov M.[2, 3], Baigildin S.[3]

[1)] Ural Federal University
[2)] Ufa State Aviation Technical University
[3)] Bashkir State Pedagogical University
[4)] Institute of Immunology and Physiology Ural Branch of RAS

We evaluate opportunities to reconstruct action potential from Pseudo-ECG

Наличие у кардиомиоцитов потенциала действия является первопричиной регистрируемых электрограмм на поверхности миокарда или электрокардиограммы на торсе человека. При этом большинство лекарственных препаратов изменяют именно форму потенциала действия, а значит появляется возможность восстановить степень влияния лекарственного агента по данным электрокардиограммы или поверхностной электрограммы.

В нашем исследовании мы объединили методы машинного обучения и методы математического моделирования для оценки возможности восстановления различных параметров трансмембранных ионных токов и формы потенциала действия на основании регистрируемой псевдо-ЭКГ с одиночного волокна миокарда.

В ходе исследования нами обнаружено, что для обобщенной модели электрофизиологии желудочкового кардиомиоцита человека Beeler-Reuter model (1977) [1] восстановление возможно со 100% точностью.

Мы полагаем что полученные результаты можно обобщить для создания нового метода обработки реальных электрокардиограмм пациентов, в особенности систем длительного мониторирования ЭКГ.

Исследование было поддержано проектом РФФИ № 19-37-50079, темой ИИФ УрО РАН № АААА-А18-118020590031-8, Постановлением Правительства РФ № 161 от 16 марта 2013 г., и Программой Президиума РАН.

1. Beeler G. W., Reuter H. The Journal of physiology 268(1), 177-210 (1977).

РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МАГНИТОТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ

Волобуев П.В.[1], Моисейкин Е.В.[1], Новоселов В.П.[1], Пестов К.Н.[1], Улитко М.В.[2], Усков Е.Д.[1], Хохлов К.О.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени Первого Президента России Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Российская Федерация
[2)] Институт медицинских клеточных технологий, 620026, Екатеринбург, Российская Федерация
E-mail: uskov-evgeny@yandex.ru

DEVELOPMENT AND APPROBATION OF PILOT MAGNETO-THERAPEUTIC DEVICE FOR STRAIGHT EFFECT

Volobuyev P.V.[1], Moiseikin E.V.[1], Novosiolov V.P.[1], Pestov K.N.[1], Ulitko M.V.[2], Uskov E.D.[1], Khokhlov K.O.[1]

[1)] Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Physical Engineering Institute, Ekaterinburg, 620002 Russia
[2)] Institute of Medical Cell Technologies, Ekaterinburg, 620026 Russia

Majority of existing magneto-therapeutic devices are unable to reach high intense exposure leading to inhibitory effect. The stationary magneto-therapeutic device for inhibitory effect is developed. Selective inhibition of HeLa cell line in comparison to HDF is provided during the approbation.

Нетепловые эффекты воздействия низкочастотных магнитных полей повсеместно используются в клинической практике. Результативность магнитотерапии апробирована. Однако до сих пор она в основном базируется на эмпирических данных. Адекватное решение проблемы механизмов магниторецепции низкочастотного магнитного поля является предметом исследований [1]. Сравнение их различной эффективности затруднено из-за несопоставимости в каждом случае схем и параметров воздействия, что осложняет анализ имеющихся материалов.

Имеющаяся магнитотерапевтическая аппаратура обеспечивает преимущественно малоинтенсивное стимулирующее воздействие на биообъекты. Основной проблемой таких устройств является недостаточность, а чаще невозможность регулировки параметров воздействия. При этом существуют разногласия по вопросам канцерогенного влияния слабых полей. Имеет место недостаточность изучения угнетающего интенсивного воздействия магнитного поля на онкопатологии [2].

Для проведения системных исследований требуется разработка многофункционального магнитотерапевтического устройства прямого действия, направленного на обеспечение нетепловых как стимулирующих, так и угнетающих эффектов.

В настоящее время известная, в том числе промышленная аппаратура [2,3,4] не отвечает этим требованиям.

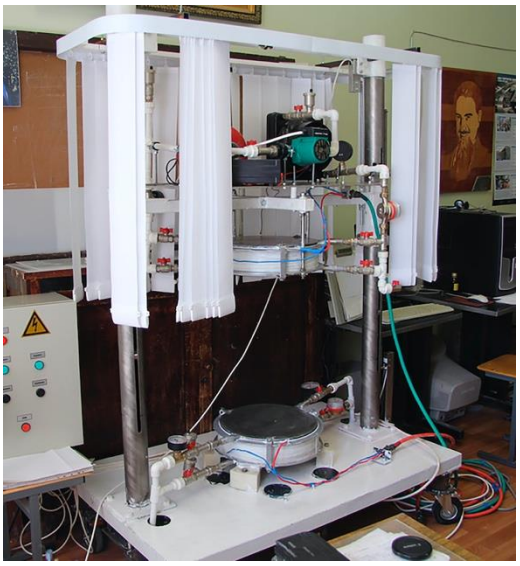


Рис. 1. Экспериментальное магнитотерапевтическое устройство прямого действия.

Нами сконструировано стационарное магнитотерапевтическое устройство [5], которое предназначено как для исследовательских, так и для практических целей. Оно включает: оптимизированные индукторы – источники магнитного поля; систему теплосъема, обеспечивающую заданный температурный режим; систему программного управления и контроля низкочастотного импульсного магнитного поля; механическую систему формирования требуемой рабочей зоны .

Апробация устройства на клеточных культурах (дермальные фибробласты человека - HDF и опухолевых клеток - HeLa) проводилась совместно с Департаментом биологии и фундаментальной медицины УрФУ. При определенных параметрах воздействия выявлены преимущественные нарушения морфофункционального состояния опухолевых клеток, которые проявлялись в снижении жизнеспособности, пролиферативной и функциональной активности.

Таким образом проведено тестирование режимов работы устройства. Подтверждена избирательность интенсивного воздействия низкочастотного магнитного поля на клетки злокачественных опухолей.

1. В.Н. Бинги. Принципы электромагнитной биофизики. М: Физматлит, (2011).

2. Патент 2376043 РФ, МПК A61 N 2/04. Способ подавления функций и разрушения клеток злокачественных опухолей / И.М. Донник, А.П. Волобуев, Е.Д. Усков. – Опубл. 20.12.2009.

3. В.С. Улащик. Магнитотерапия: теоретические основы и практическое применение / В.С. Улащик [и др.]. Минск: Беларуская наука, (2015).

4. В.И. Жулев. Системы комплексной магнитотерапии общего воздействия с дискретно управляемой структурой магнитного поля: Дисс. докт. техн. наук (2004).

5. Патент 2653628 РФ, МПК A 61N 2/00. Стационарное устройство для воздействия низкочастотным магнитным полем на медико-биологические объекты, система

управления и формирования импульсов, индуктор магнитного поля и система механического привода стационарного устройства / Волобуев А.П., Волобуев П.В., Новоселов В.П., Пестов К.Н., Хохлов К.О., Усков Е.Д. – Опубл. 11.05.2018.

ОБРАБОТКА БИОМЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Вертенбергер Е.И.[1], Мезенина С.А.[1], Нюляков Д.А.[1], Чечулина М.Ю.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет им. Первого президента РФ Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: evajjikk@gmail.com

PROCESSING OF BIOMEDICAL IMAGES WITH THE ALGORITHMS OF MACHINE LEARNING

Vertenberger E.I.[1], Mesenina S.A.[1], Nulyakov D.A.[1], Chechulina M.Yu.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The purpose of this project is to create a software based on the origins of machine learning in order to classify and cluster biomedical images to make it possible in the future to analyze these images and find out if there are any pathologies.

Актуальность данного проекта заключается в перспективах использования методов машинного обучения и нейронных сетей на практике, в частности, для вспомогательной диагностики патологий и заболеваний на основе снимков компьютерной томографии (КТ).

Иллюстрируя важность проблемы, стоит отметить, что согласно исследованиям Американского онкологического общества, поражение лёгких — наиболее частая причина смерти от рака. При этом процент выживания при раке лёгких невысок и составляет 17% для мужчин и 24% для женщин. Печальная статистика объясняется большим числом случаев диагностики рака лёгких на последней стадии, и анализ снимков при помощи нейронных сетей может помочь обнаружить признаки патологий на более ранних стадиях.

Для анализа используются изображения из баз данных снимков КТ из различных медицинских учреждений.

Задачи: найти открытую библиотеку с необходимой информацией для анализа, импортировать нейронную сеть с оптимальной для данной цели архитектурой, настроить сеть: загрузить веса, выбрать метод минимизации ошибки для решения задачи кластеризации изображений, оптимизировать сеть и оценить работу модели.

Для решения задачи поиска данных используются открытые библиотеки с объектами для анализа, в том числе библиотеки Keras и TensorFlow.

1. https://cyberleninka.ru/article/n/klasterizatsiya-s-pomoschyu-neyronnyh-setey-i-poisk-zavisimostey-1

ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СОКРАЩЕНИЯ КАРДИОМИОЦИТА

Волжанинов Д.А.[1, 2], Крылов О.А.[2], Хохлова А.Д.[1, 2]

[1)] Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: volzhaninovdenis@yandex.ru

SOFTWARE AND HARDWARE CONTROL OF CARDIOMYOCYTE CONTRACTION PARAMETERS

Volzhaninov D.A.[1, 2], Krylov O.A.[2], Khokhlova A.D.[1, 2]

[1)] Institute of Immunology and Physiology, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This study presents an analysis of high-precision control methods of micromanipulation. Using these methods, one can set different types of cardiomyocyte contractions via carbon fibers attached to micromanipulators.

Одиночные мышечные клетки сердца – кардиомиоциты – являются перспективной моделью для исследования сократительной функции миокарда. Однако экспериментальные методики работы на одиночных клетках ограничены и недостаточно развиты. Ранее нами была разработана экспериментальная установка для исследования сократительных свойств кардиомиоцитов при помощи методики четырёх карбоновых волокон (КВ) [1]. КВ способно прикрепиться к мембране клетки при помощи электростатических сил. Для программного управления положением КВ, каждый держатель КВ монтируется на цифровом микроманипуляторе (Sensapex, Финляндия). Данная методика позволяет измерять силу, развиваемую кардиомиоцитом при механической нагрузке, задаваемой КВ. Наиболее важным представляется исследование сократительной функции кардиомиоцитов при имитации сердечного цикла, который представляет собой смену типов сокращений – изометрического, с сохранением постоянной длины кардиомиоцита, и изотонического, с поддерживанием одного уровня развиваемой силы. Подобные режимы можно реализовать путем перемещения КВ синхронно сокращению кардиомиоцита, что позволит поддерживать постоянную длину клетки или постоянную развиваемую силу.

Целью данной работы является поиск, изучение и выбор программных и аппаратных методов контроля параметров сокращения кардиомиоцита для задания изометрического и изотонического режимов сокращения.

Наиболее распространенным и широко используемым методом является задание управляющего сигнала на микроманипуляторы на основе формы сокращения кардиомиоцита [2]. Для этого записывается последовательно несколько сокращений кардиомиоцита, усредняются и полученная форма сокращения подается как управляющий сигнал на микроманипуляторы с предварительной ручной поправкой коэффициентов усиления сигнала. Плюсом данного метода является его относительная простота реализации, однако, отрицательным моментом является необходимость постоянного ручного контроля и изменения коэффициентов усиления непосредственно экспериментатором.

Ещё один метод управления в реальном времени микроманипуляторами реализован при помощи программируемой пользователем вентильной матрицы [3]. Использование данного метода для управления цифровыми микроманипуляторами затруднено и, предположительно, нецелесообразно.

Перспективным, но до сих пор не реализованным на практике, является метод компьютерного управления посредством операционной системы реального времени (ОСРВ). Бесплатно распространяемое ядро Wind River Linux [4] обеспечивает быстродействие на уровне единиц микросекунд, что является приемлемым значением для решения поставленной задачи.

На данный момент ведется параллельная работа над внедрением метода управляющего сигнала от усреднённой формы сокращения кардиомиоцита и с использованием ОСРВ на базе ядра Wind River Linux. Уже на ранних этапах внедрения первый метод способен задавать квази-изометрический режим, а реализация второго метода расширит возможности управления микроманипуляторами.

Работа поддержана грантом Президента РФ №-949.2019.9.

1. Load dependency in force-length relations in isolated single cardiomyocytes / Iribe G., Kaneko T., Yamaguchi Y., Naruse K. Progress in Biophysics and Molecular Biology 115, 103–114 (2014).

2. Iribe G., Helmes M., Kohl P. American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology 292, 1487–1497 (2007).

3. Helmes M., Najafi A., Palmer B. M., Breel E., Rijnveld N., Iannuzzi D., et al. Cardiovascular Research 111(1), 66–73 (2016).

4. Wind River Linux [Электронный ресурс] // Wind River. – URL: https://www.windriver.com/products/linux/ (дата посещения 30.12.2019).

THE CREATION OF NEW MATERIALS FOR TRANSPLANTATION

Yakimova M.S.[1], Kanwugu O.N.[1], Ivantsova M.N.[1]

[1)] Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University
E-mail: Yakimova.MaryaS@yandex.ru

Today, the demand for replacing damaged organs unsuitable for life is growing and the availability replacement organs from suitable donors are becoming less. There is, therefore, a need to create bio-artificial organs. Thanks to 3D bioprinting we can solve this problem.

At the beginning of the 20th century, scientists took the first steps in the field of organ transplantation. To date, the cornea, liver, kidneys, lungs, heart, spleen, pancreas, thyroid and parathyroid glands have already been transplanted into several individuals. But it is not always possible to achieve the necessary results [1]. This is due to a large number of restrictions: rejection reactions, lack of donors, high cost, problems of ethics and morality. To combat the risk of rejection, a technology such as decellularization was created. It consists of cleaning the existing organ from the cells to obtain a framework from the extracellular matrix, and further recellularization in the bioreactor. This technology allows us to work with the liver and kidneys, but till date only at the level of laboratory research. An important condition for the application of this development is the obligatory presence of a donor [2-3].

Undoubtedly, the demand for organ transplantation will increase every year. In this regard, questions about the development of new technologies, the search for effective and reliable ways to create complex organs artificially become more urgent. In this case, the implantable structure should completely replace all the functions of the corresponding tissues.

Currently, advanced technologies allow repeating the geometry of internal organs through the integration of heterogeneous cell types. Tissues can be made by assembling various types of cells with other biomaterials. Particularly attractive is the use of pluripotent stem cells, which belong to a person who needs an organ replacement. This will avoid immunological reactions and rejection of foreign cells. The major obstacle working with stem cells is the need to control proliferation –fact that before the formation of heterogeneous tissues, they are able to differentiate into different types of cells [4].

We can apply 3D bioprinting technology to produce volumetric models of certain shapes and ultimately bioartificial organs with corresponding functions of natural counterparts. Complex structures are created using hydrogels, in which cell encapsulation takes place. Nonetheless, 3D bioprinting at present is faced with limitations in the reconstruction of vascular networks, but due to the high control over the formation of the structure of a complex organ, this technology has great potential. It allows us to collect vascular and lymphatic networks with appropriate functions [5].

Of course, the introduction of new developments requires a lot of time, high costs and numerous knowledge. But, despite all the difficulties and obstacles, researchers are

moving on the right track. Working with bio-artificial organs will create a safe structure that will fulfill all the tasks.

1. V.P. Demikhov. Transplantation of vital organs in an experiment // M: Medgiz. (1960).
2. E. Aikawa, M. Nahrendorf, D. Sosnovik, V.M. Lok, F.A. Jaffer, M. Aikawa, R. Weissleder. Circulation, 115, 377–386 (2007).
3. N. Moniaux, J.A. Faivre. Journal Hepatol, 54, 386–387 (2011).
4. H. Wang, Ya. Yang, R. Zhang. Tissue Eng Part B Rev., 16, 189–197 (2010).
5. H. Wang. Artif Organs, 36, 951–961 (2012).

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПЛОТНОСТИ Т-ТУБУЛЯРНОЙ СЕТИ КАРДИОМИОЦИТОВ В ПАТОЛОГИЧЕСКИ ИЗМЕНЁННОМ МИОКАРДЕ

Якунина Е.А.[1], Мячина Т.А.[1, 2], Бутова К.А.[1, 2], Хохлова А.Д.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: elizavetayakunina@yandex.ru

THE METHODOLOGY FOR EVALUATION OF T-TUBULAR DENSITY IN CARDIOMYOCYTES IN CARDIAC PATHOLOGY

Yakunina E.A.[1], Myachina T.A.[1, 2], Butova X.A.[1, 2], Khokhlova A.D.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute Immunology and Physiology, Russian Academy of Science, Yekaterinburg, Russia

To analyze the excitation-contraction coupling in the myocardium, it is necessary to study T-tubular density in cardiomyocytes. The aim of this work was to develop a methodology for evaluating the density of the T-tubular network in atrial and ventricular cardiomyocytes in norm and pathology.

Заболевания сердечно-сосудистой системы являются одной из ведущих причин смертности в мире, в связи с чем исследования структуры и функции сердца на всех уровнях организации представляют интерес для экспериментальных исследований. Для анализа связи возбуждение-сокращение в миокарде является необходимым исследование плотности распределения Т-тубул, которые представляют собой упорядоченные впячивания клеточной мембраны в кардиомиоцитах человека и млекопитающих. Функцией этой сети является участие в проведении ионов Ca2+ к саркоплазматическому ретикулуму [1].

Целью данной работы являлось разработка методики оценки плотности Т-тубулярной сети в кардиомиоцитах предсердий и желудочков в норме и при патологии.

Эксперименты проводились на взрослых крысах линии Wistar в соответствии с положениями, изложенными в Директиве 2010/63/EU. В качестве патологической модели нами был выбран сахарный диабет. Исследования проводились на одиночных кардиомиоцитах, выделенных из изолированного сердца крыс, стандартным методом ретроградной перфузии с помощью ферментативного раствора [2].

Для анализа плотности распределения Т-тубул в одиночных кардиомиоцитах (клетках сердца) использовалась методика флуоресцентного окрашивания. Для визуализации t-тубул в суспезию кардиомиоцитов добавлялся потенциал-чувствительный флуорофор di-8-ANEPPS (AAT Bioquest) в концентрации 20 мкМ. Для окрашивания клетки выдерживались в темноте при комнатной температуре в растворе di-8-ANEPPS в течение 20 минут. Далее часть надосадочной суспензии заменялось на раствор Тирода, чтобы обеспечить вымывание излишек красителя для снижения светимости фона, и клетки отстаивались ещё в течение 20 минут.

Результаты окрашивания регистрировались с помощью конфокального микроскопа Carl Zeiss (LSM-710) при возбуждении с помощью аргонового лазера с длиной волны 488 нм, регистрация флуоресценции осуществлялась в диапазоне 591 – 694 нм. Сканирование изображений проводилось в течение 1 минуты с использованием минимального пинхола.

Обработка полученных изображений осуществлялась в программе ImageJ [3] с помощью специализированных макросов.

В ходе работы было выявлено нарушение упорядоченности Т-тубул в кардиомиоцитах крыс, больных сахарным диабетом, по сравнению с интактными животными, что может объяснить нарушение функции сердца при данном заболевании. При сравнении клеток из различных камер сердца наблюдалось снижение числа Т-трубочек в предсердных клетках по сравнению с желудочковыми, что согласуется с литературными данными.

Работа поддержана РНФ № 18-74-10059.

1. Scardigli M., Crocini C., Ferrantini C., Gabbrielli T., Silvestri L., Coppini R., Tesi C., Rog-Zielinska E. A., Kohl P., Cerbai E., Poggesi C., Pavone F. S., Sacconi L. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(22), 5737–5742 (2017).

2. Myachina T. A., Butova X. A., Khohlova A. D. AIP Conference Proceedings, 2174, 020140 (2019).

3. Wagner E., Brandenburg S., Kohl T., Lehnart S. E. JoVE (Journal of Visualized Experiments), (92), e51823 (2014).

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦЕРИЯ

Зафирова М.И.[1], Мышкина А.В.[1], Бажукова И.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: i.n.sedunova@urfu.ru

OBTAINING AND STUDYING THE OPTICAL PROPERTIES OF FILMS BASED ON CERIUM OXIDE NANOPARTICLES

Zafirova M.I.[1], Myshkina A.V.[1], Bazhukova I.N.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Composites films based on cerium dioxide nanoparticles were obtained. Xanthan gum was used as a matrix. The properties of the films were evaluated using optical microscopy and optical spectrophotometry.

В последнее десятилетие наблюдается потребность в высокочувствительных, быстродействующих, а также экономически привлекательных тонкопленочных материалах для различных отраслей науки и техники. Тонкопленочные материалы на основе диоксида церия находят применение при получении твердооксидных топливных элементов, защитных покрытий солнечных батарей, а также в качестве материалов для биохимического и иммунологического анализов [1]. Интерес к использованию диоксида церия в составе каталитически активных материалов объясняется возможностью достаточно легкого перехода между окисленной и восстановленной формами $Ce^{3+} \rightleftarrows Ce^{4+}$, его высокой твердостью и термохимической устойчивостью. Помимо многофункциональности, пленки на основе CeO_2 с добавками и без них характеризуются высокой способностью к регенерации кислородной нестехиометрии в окислительно-восстановительных процессах.

Большинство исследований по изучению синтеза и свойств пленок на основе CeO_2, представленных в литературе, относятся к индивидуальному веществу. Практически отсутствуют данные по получению пленок, представляющих собой биополимер и наночастицы. Целью данной работы является получение пленок на основе на основе наночастиц диоксида церия, закрепленных в матрице ксантановой камеди.

Наночастицы диоксида церия были получены методом испарения электронным пучком в атмосфере инертного газа [2].

Пленочные композиты, с содержанием церия 80%, были получены методом полива из раствора на поверхность предметного стекла. Для приготовления пленок использовался 1%-ный базовый раствор ксантана в воде, который получали добавлением малых количеств порошка полимера в воду при перемешивании в течение 25 минут. Полученную суспензию оставляли на сутки до полного растворения полимера, после чего суспензию отфильтровали для получение

гомогенного раствора. К полученному раствору полимера добавляли порошок церия, затем все перемешали с помощью миксера в течение 30 минут. Полученную таким образом суспензию порошка в полимерном растворе выливали на предметное стекло, после чего оставляли для испарения растворителя (воды) в термостате при 50°С на 5-6 часов. В результате на предметном стекле образовалась композитная пленка.

Были получены микрофотографии образцов с помощью оптического микроскопа. По полученным изображениям можно сказать, что наночастицы распределены неоднородно, что может быть связано с неоднородным перемешиванием раствора. Для получения оптимального распределения планируется исследовать зависимость распределения наночастиц в пленке от концентрации, времени перемешивания, способа фильтрации и некоторых других параметров.

Измерение спектров оптического поглощения проводили с помощью спектрофотометра Helios Alpha. Исследование оптических свойств показало наличие полосы поглощения в диапазоне 300-400 нм, что соответствует поглощению ионов церия [3].

Полученные пленки планируется в дальнейшем использовать для анализа окислительно-восстановительной и фотокаталитичской активности наночастиц диоксида церия.

1. Кузнецова С.А., Халипова О.С., Козик В.В. Пленки на основе диоксида церия: получение, свойства, применение. Издательский дом Томского государственного университета, (2016).
2. Ильвес В.Г., Соковнин С.Ю. Рос. нанотехнологии 7, 34 (2012).
3. Mawlood Ali, Hadeel Mahdi, Azra Parveen. AIP Conference Proceeding (2018).

АНАЛИЗ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ В ТРЕХМЕРНОЙ БИОХИМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Зайцева С.С.[1], Башкирцева И.А.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: svs.zaitceva@gmail.com

STOCHASTIC SENSITIVITY ANALYSIS OF DYNAMIC MODES IN A 3D BIOCHEMICAL MODEL

Zaitseva S.S.[1], Bashkirtseva I.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Three-dimensional nonlinear biochemical model under the influence of random noise is considered. Complex dynamic behavior connected with either the coexistence of regular and chaotic regimes or torus-like periodic regime is explored using probabilistic technics of stochastic sensitivity.

В работе рассмотрена трехмерная биохимическая модель [1], описывающая последовательное нелинейное взаимодействие двух ферментов, активированных соответствующими продуктами. В детерминированном случае система демонстрирует разнообразную динамику, включая хаос, тороидально-подобный предельный цикл, а также сосуществование равновесных, периодических и хаотических режимов. Переход системы от порядка к хаосу происходит через каскад бифуркаций удвоения периода. Воздействие на систему случайного шума в сочетании с исходной нелинейностью индуцирует переходы между детерминированными аттракторами и возникновение новых стохастических колебательных режимов.

Динамические особенности системы продемонстрированы с помощью методов прямого численного моделирования. Вероятностные механизмы индуцированных шумом явлений исследованы с использованием техники функций стохастической чувствительности и доверительных областей [2]. Проведена оценка критической интенсивности шума для переходов между аттракторами системы.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 16-11-10098).

1. O. Decroly, A. Goldbeter, Proc. Natl Acad. Sci. USA, 79, 6917–6921 (1982).
2. Bashkirtseva I. A., Ryashko L. B., Math. and Comp. in Simulat., 66, 55 (2004).

НОВЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ ПРОБЛЕМЫ

Жиганова М.А.[1], Николенко М.В.[1]

[1)] Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия
E-mail: zhiganova-mari@mail.ru

NEW WAYS TO SOLVE THE FOOD PROBLEM

Zhiganova M.A.[1], Nikolenko M.V.[1]
[1)] Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

At the moment, there is a food problem due to a lack of fodder protein and an environmental one due to large untreated oil products reserves.To solve these two, one of the most important problems, we propose a technology for the production of feed protein from oil and petroleum products.

В настоящее время весь мир испытывает большой недостаток кормового белка. Возможности расширения производства кормов животного происхождения весьма ограничены. Именно поэтому в последнее время большое значение придается развитию производства кормовых добавок, необходимых для сбалансирования полноценных рационов сельскохозяйственных животных.

Вместе с этим, существует и другая проблема, во всех странах содержатся и постоянно пополняются большие запасы малоиспользуемых или вообще неиспользуемых отходов различных сельскохозяйственных отраслей и нефтеперерабатывающего производства, которые, после соответствующей обработки, могут приобретать кормовые свойства в 1,5 - 3,0 раза превосходящие фуражное зерно хорошего качества.

Одними из самых вредных загрязнений окружающей среды химического характера является загрязнение нефтью и нефтепродуктами. Рост добычи и увеличение масштабов транспортировки, переработки и потребления нефти и её производных приводят к глобальному ухудшению экологический ситуации. Нефть и продукты её переработки пагубно воздействуют на все звенья биологической цепочки [1].

Таким образом, для решения этих двух, одних из наиболее важных, проблем, предлагается технология производства кормового белка из нефти и нефтепродуктов.

В специальных опытах была проведена пищевая и токсикологическая оценка белковой микробной массы, которая показывает, что клетки некоторых микроорганизмов можно использовать в качестве концентрированных кормовых добавок [2].

Целью работы является разработка новых технологий получения кормового белка из углеводородов нефтяной промышленности для обеспечения безопасности сырья, повышения объемов производства кормового белка, улучшения экологической ситуации. Для выполнения данной цели требуется выполнить ряд

задач: изучить существующие методики получения кормового белка из углеводородов нефти; выявить, какие недостатки имеют данные методики; предоставить инновационные методы решения данной проблемы.

Технология получения синтетического белка из нефти проста. Углеводороды используют для получения парафина. В него добавляют соли азота, фосфора, калия и других элементов. Из полученной массы и воды изготавливается питательная среда. В нее при определенной кислотности и температуре 32-34°С засевают дрожжи рода Candida, которые образуют чистую культуру - закваску для выращивания в промышленных условиях белковой массы. За несколько часов микроорганизмы поглощают парафин и образуют белок. За сутки 1 т культуры дает до 400 т белка [3].

Большое преимущество имеет штамм дрожжей Candida tropicalis ВСБ-942. Продуктивность штамма при культивировании на н-парафинах с 0,8% ароматических углеводородов составила: при температуре роста 34°С - 5,7-6,4 г/л, при температуре роста 37-38°С - 5,5-6,4 г/л. [4].

Таким образом, решить продовольственную и экологическую проблемы можно при помощи использования технологии получения кормового белка из углеводородов нефти.

1. М.В. Двадненко, Р.В. Маджигатов, Н.А Ракитянский. Международный журнал экспериментального образования, № 3-1, 89-90 (2017).

2. П. Шаркань. Мировая продовольственная проблема: Сокр. пер. с венгр./Науч. Ред. В. В. Милосердов.- М.: Экономика, (1982).

3. Е.А. Шевелуха, В.С. Калашникова, С.В. Дегтярев. Сельскохозяйственная биотехнология: учебник. Москва: Высшая школа, (1998).

4. Пат. 2031115 Российская федерация C12N1/16, C12N1/16, C12R1:74. Штамм дрожжей candida tropicalis - продуцент биомассы, обогащенной белком [Текст] / Заикина А.И.; Рогачева Р.А.; Бузург-заде Д.Л.; Мурзаков Б.Г.; Скворцов А.Н.; Старшикова Л.В.; Василенко Л.И.; Коломыцев Н.И; патентообладатель Государственный научно-исследовательский институт биосинтеза белковых веществ. – №5063051/13 заявл. 02.06.1992, опубл. 20.03.1995.

ОБЗОР АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА БИОМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ

Зиганьшина А.В.[1], Синицких К.В.[1], Зинин И.С.[1], Низамова А.Р.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: alinazigan@mail.ru

OVERVIEW OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR ANALYZING BIOMEDICAL SIGNALS

Ziganshina A.V.[1], Sinitskikh K.V.[1], Zinin I.S.[1], Nizamova A.R.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A potential area of application for neural networks (NN) is biomedicine. The relevance of using NN increases when it is necessary to solve problems with large amount of data. In report, we will consider methods that can be used to solve problems associated with the processing of biomedical signals.

В последние несколько лет глубокие нейронные сети широко использовались в приложениях медицинской визуализации. К примеру, при помощи нейронных сетей можно различать и отфильтровывать нерелевантные данные. Таким образом, объем данных, которые должны быть сохранены или переданы, может быть значительно сокращен, и облегчается последующий анализ специалистом по диагностике. Актуальность применения нейронных сетей связана с необходимостью решения плохо формализованных задач, либо задач, в которых традиционные вычисления трудоёмки или плохо отражают реальные физические процессы и объекты [1].

Исследование электрической деятельности сердца с помощью электрокардиографии занимает особое место по причине хорошей информативности результатов. Использование нейронной сети для анализа сигналов, отображенных на электрокардиограмме, позволяет детектировать болезни сердца с высокой точностью и исключает «человеческий фактор», становясь эффективным инструментом кардиодиагностики.

Анализ сигналов электрической активности мозга также является важной задачей диагностики. Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) — следовой сигнал от работы нервных клеток, снимаемый с поверхности головы. С помощью нейросетей удается эффективно декодировать записи ЭЭГ, позволяющие исследовать влияние различных стимулов на мозговую деятельность человека, например, визуализировать то, что видит человек, анализируя мозговые сигналы [2].

Специфика медицины заключается в том, что большинство задач в ней относятся к классам задач диагностики, прогнозирования, выбора стратегии лечения и др. Все задачи, решаемые нейронными сетями в данной области, можно классифицировать на два принципиально различающихся типа в зависимости от

характера ответа - задачи классификации и задачи регрессии (предсказания, прогнозирования во времени).

Для установления морфологии сигнала может быть применен механизм ветвлений для рекуррентных нейронных сетей, то есть управляемые рекуррентные блоки [3]. Так же методы машинного обучения применяются в диагностике болезни Паркинсона на основе показателей дисфонии [4]. Эти методы машинного обучения включали в себя линейный дискриминантный анализ - Латентное размещение Дирихле. Также возможно использование метода k ближайших соседей. Применение машинному обучению можно найти и при диагностике заболеваний сердца. Нормальные и аномальные тоны сердца разделяются вероятностными нейронными сетями с использованием функций, выделенных полиномами Грама [5].

Был сделан обзор на алгоритмы машинного обучения для анализа биомедицинских сигналов. В планах, с помощью рекуррентных нейронных сетей или перцептрона реализовать задачи классификации, используя сигналы ЭКГ.

1. Barath Narayanan Narayanan, Manawaduge Supun De Silva, Russell C. Hardie, Nathan K. Kueterman, Redha Ali. Understanding Deep Neural Network Predictions for Medical Imaging Applications (2019)

2. Grigory Rashkov, Anatoly Bobe, Dmitry Fastovets, Maria Komarova. bioRxiv 787101. 16.10.2019

3. Belo D., Rodrigues J., Vaz, JR et al. Изучение и синтез биосигналов с использованием глубоких нейронных сетей. BioMed Eng OnLine 16, 115 (2017).

4. Лахмири С., Доусон Д. А., Шмуэль А. Эффективность методов машинного обучения в диагностике болезни Паркинсона на основе показателей дисфонии. Biomed Eng Lett. 2018

5. Берителли F, Capizzi G, Sciuto GL, Napoliy C, Scaglione F. Автоматическая диагностика сердечной деятельности на основе полиномов Грама и вероятностных нейронных сетей. Biomed Eng Lett. (2018).

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ БОЛЕЗНЕЙ НА ЛИСТЬЯХ РАСТЕНИЙ

Зудихина Ю.А.[1], Смирнов А.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: ya.juliaz2012@mail.ru

DESEASE DETECTION ON PLANTS LEAVES APPLICATION DEVELOPMENT

Zudikhina Ju.A.[1], Smirnov A.A.[1]
[1)] Ural Fedaral University, Ekaterinburg, Russia

Plant disease detection by using different machine learning techniques is very popular field of study. Many promising results were already obtained but it is still only few real life applications that can make farmer's life easier. The research aim is to develop easy-to-use Android application.

Потеря урожая является серьезной угрозой сельскому хозяйству, экономике стран, а также обеспеченности продовольствием во всем мире. Качество имеющихся данных о болезнях растений является неполным, неоднородным и часто отсутствует, особенно у мелких фермеров. Но активное использование людьми смартфонов и достижения в области глубокого обучения открывают новые возможности в выявлении болезней растений. Цель работы заключалась в модернизации модели сверточной сиамской нейронной сети для встраивания ее в разработанное мобильное приложение на платформе Android.

Архитектура используемой сверточной нейронной сети описана в статьях [1] и [2]. Такой тип архитектуры нейронной сети обучается дифференцированию входных данных. То есть сеть учиться понимать, какие изображения похожи, а какие нет. В базе присутствуют изображения листьев пшеницы, кукурузы и винограда, по пять классов для каждого наименования. Четыре класса включают в себя фотографии больных листьев, а пятый класс-здоровых. В дальнейшем можно легко увеличить количество классов и растений.

Перед разработкой мобильного приложения нейронная сеть преобразовывалась в формат TensorFlow Lite, предназначенный для компиляции приложения средствами Android Studio и оптимизировалась.

В итоге получено простое в использовании offline-приложение на платформе Android (Рис. 1).

Рассмотрим работу приложения. Для повышения точности распознавания нейронная сеть анализирует изображения только после нажатия на кнопку Capture. Также, чтобы повысить точность предсказания, добавлена функция опроса пользователей. Когда пользователь подтверждает результат, изображение загружается в хранилище, разделенное на разные папки с названиями растений.

Эти собранные изображения могут быть использованы в будущем для компиляции приложения с улучшенной моделью. То есть упорядочение и аннотации пользователя помогут расширить базу изображений и повысить точность распознавания болезни растения.



Рис. 1. Интерфейс мобильного приложения.

1. P. Goncharov, G. Ososkov, A. Nechaevskiy,. A. Uzhinskiy, I. Nestsiarenia. Disease detection on the plant leaves by deep learning (2018).
2. G. Ososkov, P. Goncharov. EPJ Web of Conferences,173, 01009 (2018).

НОВОЕ СВЕРХТОНКОЕ ЛЕКАРСТВЕННОЕ ПОКРЫТИЕ БИЛИАРНЫХ СТЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПВП С ДОБАВЛЕНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Звонарева Д.А.[1], Ан Е.Э.[1], Запороцкова И.В.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет
E-mail: Zvonareva_pal@mail.ru

NEW ULTRATHIN MEDICAL COATING OF PVP-BASED MEDICAL BILIARY STENTS WITH ADDITION OF CARBON NANOTUBES

Zvonareva D.A.[1], An E.E.[1], Zaporotskova I.V.[1]
[1)] Volgograd State University

The technology of creating an ultrathin medical coating for biliary stents based on polyvinylpyrrolidone with the addition of doxorubicin and carbon nanotubes with unique sorption properties is proposed. The introduction of carbon nanotubes leads to increasing of the resistance and prolonged action.

Использование билиарных стентов для лечения механической желтухи [1] позволило облегчить процедуру их изъятия из организма. Однако, остался ряд нерешенных задач, в частности, появление рестеноза и тромбоза. Для предотвращения подобных осложнений на поверхность стента стали наносить лекарственные покрытия, представляющие собой полимерную матрицу с введенными в нее лекарственными препаратами. В настоящее время, несмотря на довольно широкий спектр лекарственных покрытий, по-прежнему актуальным остается поиск новых биоразлагаемых полимеров-носителей, обеспечивающих создание качественного и недорогого покрытия билиарных стентов.

Нами в качестве лекарственного покрытия предлагается покрытие на основе известного полимера поливинилпирролидона (ПВП) с введенным препаратом доксорубицином и углеродными нанотрубками (УНТ), известными своими уникальными сорбционными и механическими свойствами [2-4].

В результате эксперимента было установлено, что наиболее устойчивым является 60% раствор ПВП. После настаивания раствора мы разделили его на три равных объема, в которые были добавлены УНТ в количествах, необходимых для создания концентраций 0,1; 0,05; 0,01 мас.% УНТ. После нанесения и полного высыхания толщина созданного покрытия составила в среднем 0,02 мм. Затем билиарные стенты с нанесенным на них лекарственным покрытием погрузили в физраствор – натрия хлорид, который имитировал внутреннюю среду организма человека. [5]

В результате исследования было установлено, что присутствующие в покрытии углеродные нанотрубки положительно влияют на стойкость и сохранение лекарственного покрытия на поверхности билиарного стента. Оптимальной концентрацией является концентрация 0,1 мас % нанотрубок от массы раствора.

1. Заруцкая Н. В., Бедин В. В., Подолужный В. И. Сибирский медицинский журнал, 2 (2007).
2. Кедик С. А. Полимеры для систем замедленной доставки лекарственных веществ (обзор) №3, 18-35 (2013).
3. Чернозатонский Л. А., Сорокин П. Б. Углеродные нанотрубки: от фундаментальных исследований к нанотехнологиям / Под. ред. Ю.Н. Бубнова. — М.: Наука (2007).
4. Buehler V. Kollidon: Polyvinylpyrrolidone for Pharmaceutical Industry, BAS/ Ludwigshafen, Germany, (1996).
5. Бебуришвили А.Г., Запороцкова И.В., Спиридонов Е.Г., Мандриков В.В., Шинкарев Р.А. Вестник ВолГМУ № 2 (50), 124-130 (2014).

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ЦЕРИЯ НА УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКА СОХРАННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ДОНОРСКОЙ КРОВИ IN VITRO

Звонарева И.А.[1], Бажукова И.Н.[1], Гаврилов И.В.[2], Мещанинов В.Н.[2]

[1)] Уральский федеральный университет
[2)] Уральский государственный медицинский университет
E-mail: fair696@yandex.ru

INFLUENCE OF CERIUM DIOXIDE NANOPARTICLES ON INCREASING THE PRESERVATION PERIOD OF DONOR BLOOD FUNCTIONAL PROPERTIES IN VITRO

Zvonareva I.A.[1], Bazhukova I.N.[1], Gavrilov I.V.[2], Meschaninov V.N.[2]
[1)] Ural Federal University
[2)] Ural State Medical University

Cerium dioxide (NP) nanoparticles have positive therapeutic properties under conditions of oxidative stress. A quantitative assessment was made of the state of blood cells, blood metabolism, and changes in the properties of erythrocyte membranes after interaction with NPs.

На сегодняшний день имеется высокая потребность в разработке новых технологий для полноценного хранения донорской крови: вследствие воздействия факторов внешней и внутренней среды, с течением времени происходит изменение соотношения клеточных элементов, выражающееся в снижении количества эритроцитов и тромбоцитов.

Наночастицы диоксида церия (НЧДЦ) проявляют окислительно-восстановительную активность и регенеративные свойства, благодаря присутствию фракции ионов Ce^{3+} и кислородных вакансий на поверхности НЧ, приводящие к сосуществованию обоих ионов Ce^{3+}/Ce^{4+} в стабильной форме. Наличие смешанного

валентного состояния играет важную роль в удалении активных форм кислорода (АФК) и азотных соединений в процессе саморегенерации.

Таким образом, целью этого исследования было изучить влияние НЧ in vitro на гемосовместимость и оценить влияние НЧ на продолжительность срока хранения донорской крови и возможность применения их в медицинской практике.

В данном исследовании использовались: 1- суспензия наночастиц CeO_2 (полученных химическим методом с использованием стабилизатора мальтодекстрина) с дистиллированной водой; 2 - суспензия наночастиц CeO_2 (полученных методом импульсного электронного испарения керамической оксидной мишени с конденсацией паров материала в газе низкого давления на установке НАНОБИМ-2) с дистиллированной водой, стабилизированная цитратом натрия $Na_3C_6H_5O_7$. Суспензии тщательно перемешивали и обрабатывали ультразвуком в течение 40 минут. Забор образцов крови был осуществлен в вакуумные пробирки с ЭДТА К3.

Оценка изменения свойств мембран эритроцитов производилось методикой исследования осмотической и перекисной резистентности эритроцитов при помощи сканирующего спектрофотометра «Unico - 2802» United Products & Instruments (USA). Количественная оценка состояния форменных элементов крови осуществлялась с помощью 18-параметрового гематологического анализатора «PCE – 90Vet» HTI (USA).

Оценка метаболизма крови проводилась по изучению биохимических показателей на анализаторе «Chem Well 2910 Combi» Awareness Technology (USA) с использованием реактивов «Sentinel Diagnostics» (Italy).

Было оценено влияние НЧДЦ в концентрациях 50, 100, 200, 300, 400 мкг/мл. Внутриклеточную антиоксидантную активность НЧДЦ при выработке эндотелиальных АФК оценивали, предварительно обработав клетки НЧДЦ в условиях окислительного стресса. Наночастицы уменьшали генерацию АФК, вызванную H_2O_2 (25 мкмоль/л), в зависимости от концентрации.

Согласно результатам оценки метаболизма крови, количественной оценки состояния форменных элементов крови и оценки изменения свойств мембран, обработка образцов крови НЧДЦ уменьшила скорость повреждения форменных элементов.

Таким образом, наночастицы CeO_2 позволяют увеличить срок хранения донорской крови, и могут быть применены в медицинской практике.

СЕКЦИЯ 8

ИННОВАЦИИ И СОЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО АГЕНТА К ЛОКАЛЬНОМУ СООБЩЕСТВУ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ В СЕГМЕНТЕ B2B

Берг Д.Б.[1], Адияк Е.В.[1], Паначев А.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: eadiyak@gmail.com

DEVELOPMENT OF A TECHNIQUE FOR IDENTIFYING THE ECONOMIC AGENT BELONGING TO THE LOCAL COMMUNITY BY EXPERIMENTAL DATA IN THE B2B SEGMENT

Berg D.B[1], Adiyak E.V[1], Panachev A. A[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

Closed economic exchange chains are very important part of region's networks research. In this paper the technique for identifying a single economic agent for its potential membership in the local economic community was developed. The research is based on the analysis of data on banking transactions

Замкнутые сети экономического обмена, конечной целью функционирования которых является взаимное удовлетворение потребностей участников сети путем эквивалентного обмена товарами и услугами, — это наиболее интересный тип самоорганизации. Этот интерес связан со способностью индивидуальных систем к объединению в более крупные и прогрессивной эволюции. Изучение подобного рода сетей является важной составляющей исследований сетей региона [1].

Целью работы является разработка методики идентификации отдельного экономического агента на предмет его потенциальной принадлежности к локальному экономическому сообществу.

Исследовались данные о банковских транзакциях в течение 1 месяца между юридическими лицами на территории городского округа с населением 75 тысяч человек. Они были представлены в форме матрицы смежности в соответствии с транспортной задачей [2].

Для разработки методики были рассчитаны сбалансированный внутренний и внешний оборот сообщества, коэффициент кооперации. Для определения степени вовлеченности каждого агента в локальное сообщество был введен коэффициент локализации, который рассчитывается как отношение сбалансированного части оборота исследуемого агента и полного потока денежного оборота этого агента.

Установлено, что объем замкнутого внутри сообщества оборота составил 27,6 % от суммарного оборота исследуемого локального сообщества и 1 % от всех исследуемых транзакций в городском округе. Значение коэффициента

вовлеченности варьировался от 10 % до 40%. Анализ распределения агентов позволил выделить наиболее значимых для развития локального сообщества. Был предложен алгоритм развития этого сообщества, согласно которому сообщество строится из агентов, имеющих наиболее высокое значение коэффициента вовлеченности.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-010-00974 «Экспериментальные институциональные модели автономизации финансов местных сообществ в условиях снижения доверия населения к формам участия в бюджетном процессе»

1. Popkov V., Berg D.B., Ulyanova E.A., Selezneva N.A. Modelling as The Development Instrument of Commodity and Financial Networks in Regional Economy. Economy of Region , 06, 236-247, (2015).
2. Astafyev, N. M. Matrix tools of the balance model analysis and problem of linear programming. Works of the Institute of Mathematics and Mechanics, UB RAS, 16, 3, 3-11. (2010).

STARTUP VISA КАК ИНСТРУМЕНТ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЕКТОВ В ЭКОНОМИКУ ГОСУДАРСТВ

Бабин Н.И.[1], Лякишева А.Д.[1], Мясникова Д.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: babin46@gmail.com

STARTUP VISA AS A TOOL FOR ATTRACTING TECHNOLOGY INNOVATIVE PROJECTS IN THE ECONOMY OF STATES

Babin N.I.[1], Lyakisheva A.D.[1], Myasnikova D.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This article discusses a startup visa as a tool for attracting technological innovation projects to the country. A startup visa is also considered as a tool for entering foreign markets.

Быстрое технологическое развитие за последние несколько десятилетий изменило бизнес-модели, отрасли и экономику государств в целом. Центром этой трансформации становятся «стартапы» — молодые инновационные компании с потенциалом быстрого роста. Предпринимательская культура - технологичная, креативная, рискованная и с предпочтением новой иерархии и открытого общения - теперь распространилась по всему миру. По мере того, как правительства вступают в эпоху быстрых изменений на рынке труда, они все чаще ищут способы вырастить и распространить стартапы и превратить их массовое появление

в долгосрочную экономическую стратегию повышения конкурентоспособности страны.

Иммиграционная политика, способная привлечь талантливых предпринимателей, лежит в основе успеха модели стартап-виз. Стартап-виза — это временный условный вид на жительство в разных странах. Он направлен на введение визовой категории для предпринимателей, привлекающих внешнее финансирование и преобразующих в визу на постоянное жительство, если выполняются определенные условия. Сегодня стартап-визу предлагают более 20 развитых стран с разных континентов.

Хотя во многих странах существуют давние иммиграционные каналы для деловых целей, но они не подходят для начинающих предпринимателей, которые, как правило, относительно молоды и неопытны. Традиционные предпринимательские визы чаще всего недоступны для начинающих основателей с ранними стадиями развития инновационных бизнес-проектов с высоким уровнем риска из-за жестких требований (например, высокие минимальные инвестиционные пороги или серьезный проверенный опыт ведения бизнеса) и их акцента на немедленные экономические возвраты, такие как создание рабочих мест, которые могут препятствовать риску. Во многих странах наравне с бизнес-визами существуют так называемые «Талантливые визы», которые ориентированы на людей с исключительными способностями в своей области и с большим потенциалом, но ориентир такой визы смещается к творческой направленности и не подходит для начинающих предпринимателей.

1. Singapore Government, Ministry of Manpower, “Eligibility for EntrePass”, www.mom.gov.sg/passes-and-permits/entrepass/eligibility

2. Thailand Board of Investment, “Thailand’s SMART Visa: Attracting Foreign Talents and Technologies”, www.boi.go.th/upload/BOI-brochure%202018-smart%20visa-EN-20180125_97687_87299.pdf

3. Government of Canada, Immigration, Refugees, and Citizenship Canada, “List of Designated Organizations – Start Up Visa,” www.canada. ca/en/immigration-refugees-citizenship/services/immigrate-canada/start-visa/designated-organizations

4. Irish Department of Justice and Equity. 2014. Minister Shatter Announces Targeted Changes in the Start-Up En-trepreneur Programme, www.inis.gov.ie/

НЕСТАНДАРТНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЛЕТНИХ КОВОРКИНГОВЫХ ПРОСТРАНСТВ

Барейчева М.А.[1], Кубина Е.А.[1], Степанова Н.Р.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
E-mail: bareicheva.m@yandex.ru

NON-STANDARD ORGANIZATION OF SUMMER COWORKING SPACES

Bareicheva M.A.[1], Kubina E.A.[1], Stepanova N.R.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

The report is devoted to the actual problems of the process of non-standard organization of project work of students and residents of the city in the warm season. It can be used in the process of planning and managing the organization of work by schoolchildren, students, and active citizens.

At present, the opening of public spaces for organizational work on self-realization of active student initiatives is becoming an actual direction of the social sphere in higher education Institutions. Working in teams, young people develop their hard-skills and implement innovative ideas based on the knowledge gained during training. This organization of work with students opens up opportunities to commercialize their scientific developments. This work is proposed on the platform of the Agency for strategic initiatives (ASI) "University 2035". Therefore, it will be particularly beneficial to cooperate with the boiling points of ASI with leading domestic enterprises. Coworking can also perform a similar function in organizational planning. To date, however, coworking zones exist only within the schools, buildings and offices. Our team offers to take this space outside the building to fresh air. This move will improve the performance of prospective students, creating favorable conditions for work and recreation in the fresh air, especially in the warm season. Also, keeping up with the times, it is possible to create a virtual support program for the dissemination of information about organizational spaces: their work schedules, events, contacts with representatives of real business, etc. the Main requirements for the platform – it must be accessible and convenient for the modern user.

1. Игнатьева И.А. Коворкинг как новая модель бизнеса. [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kovorking-kak-novay.. (дата обращения 17.10.2019)
2. Хусяинов Т.М. Коворкинг-центр в пространстве современного города. [Электронный ресурс]. URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=17208 (дата обращения 17.10.2019)

РАЗВИТИЕ ДОСТУПНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА «МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «ГОРОД БЕЗ ГРАНИЦ»»

Чикова Е.В.[1], Панкова С.Н.[1], Масленников Д.Ю.[1, 2],
Масленникова А.Ю.[2], Журавская В.В.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский институт управления - филиал РАНХиГС, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: pargelia@yandex.ru

THE DEVELOPMENT OF ACCESSIBLE URBAN ENVIRONMENT USING THE PROJECT «MOBILE APPLICATION “CITY WITHOUT LIMITS”» AS AN EXAMPLE

Chikova E.V.[1], Pankova S.N.[1], Maslennikov D.Y.[1, 2],
Maslennikova A.Y.[2], Zhuravskaya V.V.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ekaterinburg branch of Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Yekaterinburg, Russia

In this article questions about accessibility of urban environment for disabled people with limitation of movement are considered, moreover the project providing conditions for comfortable movement in city space for specified groups of the population is represented.

Одним из приоритетных направлений развития социальной инфраструктуры в Российской федерации является создание доступной среды — физического окружения, объектов транспорта, информации и связи, дооборудованных с целью устранения препятствий и барьеров, возникающих у индивида или группы людей с учетом их особых потребностей [1]. В особенности нуждаются в развертывании доступной среды маломобильные группы населения (далее - МГН) — люди, испытывающие затруднения при самостоятельном передвижении, получении услуги, необходимой информации или при ориентировании в пространстве. К МГН могут быть отнесены: инвалиды, люди с ограниченными (временно или постоянно) возможностями здоровья, люди с детскими колясками и.т.д. [2]

В городе Екатеринбурге работы по обеспечению доступной среды на объектах внешнего благоустройства для людей с разной степенью мобильности проводятся ежегодно, о чем отчитывается Комитет благоустройства Администрации города Екатеринбурга. Однако предпринимаемых административным ресурсом мер явно недостаточно, о чем могут свидетельствовать данные опроса, проведенного преподавателями кафедры социальной работы УГИ УрФУ Чиковой Е.В. и Панковой С.Н. Респонденты отметили, что постоянно сталкиваются со следующими осложняющими передвижение препятствиями:

1. обилие лестниц при отсутствии каких-либо приспособлений для их преодоления;

2. отсутствие пандусов/неудобные пандусы (с крутым углом наклона/отсутствием поручней, противоскользящих элементов и.т.д.);

3. отсутствие комфортных входных групп в магазинах/кафе/госучреждениях (неудобные пандусы, тяжелые двери, отсутствие системы автоматического открывания дверей, кнопки вызова помощи и.т.д.);

4. отсутствие в большей части общественного транспорта оборудованных элементов доступной среды (отсутствие/малое количество «низкопольного» транспорта).

В качестве реализуемой в условиях существующей инфраструктуры Екатеринбурга альтернативы команда социальных предпринимателей «Атмосфера» под руководством Масленникова Д.Ю. и Масленниковой А.Ю. разработала приложение для цифровых устройств «Город без границ», которое позволяет представителям МГН выбрать удобный маршрут передвижения в городской среде, а также получать информацию о наличии/отсутствии оборудования для создания доступной среды снаружи и внутри сооружений общественного пользования [3].

Текущая основная задача приложения — построение безопасного и комфортного маршрута с огибанием заданных пользователем препятствий. Данные по существующим объектам инфраструктуры, прежде всего, местам общественного пользования, а также местам пересечения пешеходных и транспортных путей, собирают волонтеры под руководством членов команды «Атмосфера» [4].

В перспективе планируется включить в функционал приложения следующие опции:

1. систему оповещения о времени прибытия к остановке оборудованного общественного транспорта;

2. указание конкретных элементов доступности для МГН в зданиях общественного пользования;

3. систему оповещения о проведении в городе ремонтных работ.

Выражаем благодарность команде разработчиков приложения, команде «Атмосфера» и волонтерам проекта «Город без границ»

1. Государственная программа Российской Федерации «Доступная среда» на 2011-2020 годы. [Электронный ресурс]: паспорт. // Министерство труда и социальной защиты: офиц. сайт. – Режим доступа: https://rosmintrud.ru/ministry/programms/3/0 (дата обращения: 16.12.2019)

2. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. [Электронный ресурс]: СП 59.13330.2016. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001.// Кодекс: нормат.-правовая база. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/456033921 (дата обращения: 20.12.2019)

3. «Город без границ». [Электронный ресурс]: Вконтакте — социальная сеть. – Режим доступа: https://vk.com/gorodbezgranits (дата обращения: 20.12.2019)

4. Доступность среды для людей с инвалидностью и маломобильных групп населения.[Электронный ресурс]: руководство. – Режим доступа: https://bit.ly/2rKb1gY (дата обращения: 14.12.2019)

COMPARATIVE ANALYSIS OF STUDENTS' MOTIVATION IN RUSSIA AND CHINA

Daineko L.V.[1], Sun G.[2], Karavaeva N.[1], Yurasova I.[1], Davy Y.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin
[2)] North China University of Water Resources and Electric Power
E-mail: l.v.daineko@urfu.ru

The article is devoted to the study of educational motivation of students in Russia and China.

The choice of University for training and future profession largely determines the future of a person. The educational environment in which a student is located affects the formation of his personality, character, attitude to work and life. Also very important is the team in which the student is for several years. The training process has a significant impact on the professional development of the future specialist.

This study is based on a comparison of the motivation of higher education and choice of future profession among students of the Ural Federal University and the North China University of water resources and hydropower. The article describes the similarity and difference of approaches to the choice of higher education, the reasons for obtaining higher education, the differences in the assessment of the correctness of such a choice. The article was prepared in collaboration with Sun Guofeng, a student (bachelor) of the North China University of water resources and electric power.

БИЗНЕС-МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ОТКРЫТЫХ ИННОВАЦИЙ

Дукки А.С.[1], Слабинский С.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: alina_dukki@mail.ru

BUSINESS MODEL OF DEVELOPMENT OF THE ORGANIZATION ON THE BASIS OF OPEN INNOVATIONS

Dukki A.S.[1], Slabinsky S.V.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin

These theses represent the prerequisites and conditions for using the principles of the concept of open innovation during the implementation of a business model for the development of an organization. Typical models, features of their application, advantages and disadvantages were studied.

Исследования, проводимые международными компаниями, доказывают, что одним из факторов повышения конкурентоспособности, улучшения эффективности финансово-хозяйственной деятельности, достижения стратегических целей организации является внедрение бизнес-модели инновационного развития.

Опрос специалистов показал, что основными критериями эффективности бизнес-модели являются: экономическая эффективность, возможность генерации прибыли (85%), удовлетворение потребностей рынка (55%), увеличение объема продаж (48%). Анализ ситуации позволил сделать вывод, что к условиям, определяющим необходимость смены бизнес-модели, относятся развитие технологий, изменения условий конкурентной борьбы и потребностей рынка.

Одним из этапов формирования бизнес-модели является разработка системы управления идеями, которая может быть основана на активных или пассивных методах. Закрытые системы, использующие внутренние источники генерации идей, как правило, требуют значительных вложений и высокую квалификацию специалистов. При этом в современном развивающемся мире сокращение жизненного цикла товара, неравномерность технологического развития, увеличение сложности и мультидисциплинарности разработок, а также числа патентов являются предпосылками для перехода к модели открытых инноваций [1, 2, 3].

Привлечение внешних источников идей наиболее важно для высококонкурентных и быстроразвивающихся рынков (IT, фармацевтика, микроэлектроника). Однако область использования бизнес модели на основе открытых инноваций имеет свои ограничения, связанные с секретностью разработок, вертикально интегрированной организационной структурой управления, монопольным положением на рынке и т.д.

В ходе анализа литературы выделены типовые бизнес-модели, такие как интеграционная, дирижирования и лицензирования. Популярна классификация бизнес-моделей по стилям А.Остервальда, в основе которой лежат идеи разделения, «длинного хвоста», многосторонних платформ.

Классификация по Г. Чесборо показывает, что первые четыре типа бизнес-моделей могут сами по себе использовать концепцию открытых инноваций, в пятом типе – делается акцент на сотрудничестве с внешними партнерами [4].

Таким образом, наблюдаемые тенденции развития организаций доказывают, что внедряемые и адаптируемые бизнес-модели все в большей степени будут основываться на принципах открытых инноваций.

1. Архипов С. Ю., «Открытые» инновации как модель развития инновационной деятельности в российских компаниях, СИСП, 2012, №11

2. Андреев А. Л., Трансформация инновационного процесса от закрытых к открытым инновационным системам, Научный журнал: Экономика и управление, 2010

3. Трефилова И.Н., Бизнес-модели открытых инноваций, Инновационная наука, 2015, №12-1

4. Чесбро. Г., Открытые инновации. Создание прибыльных технологий, пер. с англ. В. Н. Егорова. М.: Поколение, 2007

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Фатеева Ю.В.[1], Степанов Б.П.[1]

[1)] Томский политехнический университет
E-mail: fateeva-dog@yandex.ru

DEVELOPMENT OF A COMPUTER MODEL OF SECURITY SYSTEM ELEMENTS

Fateeva J.V.[1], Stepanov B.P.[1]
[1)] Tomsk Polytechnic University

The article deals with the computer model that allows students to assimilate theoretical information in a convenient form, as well as to apply this knowledge in practice.

Двадцать первый век — это век цифровых технологий и внедрения компьютерных технологий в промышленные и научные отрасли. В частности, компьютерные технологии активно внедряются в системы безопасности атомных станций и других объектов ядерно-топливного цикла.

Одним из важных вопросов обращения с ядерным материалом является вопрос его защиты от несанкционированных действий. Для этого требуются создание системы безопасности и квалифицированный персонал.

Современным и эффективным способом обучения студентов является виртуальная среда, которая представляет собой виртуальный комплекс с инженерными и техническими средствами, а также моделями нарушителей и различными сценариями хода событий. Данный комплекс предназначен для освоения теоретической информации об основным элементах системы безопасности, а также для отработки данной информации на практике.

Компьютерная модель позволит совместно реализовывать нормативные требования и варианты реализации оснащения в рамках применения современных технологий.

Одним из первых этапов создания виртуальной среды является написание сценария действий пользователя в данной среде. К сценарию относится последовательность действий пользователя, а также эскизные решения по описанию элементов и устройств системы безопасности. Эскизные решения должны отображать основные элементы физической защиты: персонал, инженерные и технические средства технической защиты и организационные мероприятия.

Данная работа посвящена созданию в Томском политехническом университете компьютерной учебной среды, в которой реализуются процессы создания системы безопасности, а также отображены основные ее элементы. В работе отражены задачи по анализу алгоритмов моделирования функционирования элементов и устройств систем безопасности, а также выборки и обоснования эскизных решений по описанию элементов и устройств системы безопасности оснащения.

КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ ОРГАНИЗАЦИИ

Фокина С.Н.[1]
[1)] Акционерное общество
E-mail: sveta_fokaina@mail.ru

ORGANIZATION SCIENTIFIC AND TECHNICAL COMPETENCE MANAGEMENT CONCEPT

Fokina S.N.[1]
[1)] Research Institute of Nuclear Materials, Joint-Stock Company.

The report presents the concept of managing the scientific and technical competencies of the enterprise as a tool for making managerial decisions.

Современная изменчивая рыночная среда требует от предприятий выхода на качественно новый уровень методов осуществления своей деятельности. Ситуация обостряется тем, что современные кризисы – явление плохо прогнозируемое как по моменту возникновения, так и по длительности и по возможным последствиям.

Уровень развития научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, технических новшеств предприятий отражает инновационный потенциал страны. Выход России на качественно новый уровень технического и экономического развития невозможен без активизации инновационных процессов на предприятиях. Для этого необходимо внедрять изменения в производстве с использованием современных достижений научно-технического прогресса и стимулировать развитие научно-производственных предприятий путем совершенствования систем их управления.

Задача современных российских предприятий – сконцентрироваться не только на решении технологических задач, но и на решении тактических задач, зачастую за счет стратегии, и искать актуальные для наукоемких отраслей модели технологического развития.

Все это определяет необходимость развивать компетенции отечественных предприятий и выстраивать новые системы управления, которые позволят быстро и эффективно принимать решения в современных условиях. Необходима система управления научно-техническими компетенциями предприятия, как гибкий инструмент для принятия управленческих решений для достижения стратегических целей предприятия.

В настоящей работе научно-технические компетенции предприятий определяется как взаимосвязанный набор знаний и навыков работников предприятия, их профессиональных и личностных характеристик, а также набор материальных и не материальных ресурсов предприятия, обеспечивающий эффективное решение научно-производственных задач. Представлена концепция управления научно-техническими компетенциями предприятия как инструмент для принятия управленческих решений.

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ И КАЛИБРОВОЧНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ

Гаянова А.Р.[1], Белых Т.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: alb.gayan.nova@yandex.ru

RISK MANAGEMENT IN TEST AND CALIBRATION LABORATORIES

Gayanova A.R.[1], Belykh T.A.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

The article is devoted to a risk-based approach in management. As a result of studying regulatory documents, a risk assessment procedure was developed and described. Based on this document, some risks in the field of testing and calibration laboratories were identified.

В настоящее время все больше внедряется риск-ориентированный подход к управлению в рамках требований законодательства. Так, 19 августа 2019 года был выпущен приказ Минэкономразвития РФ о внесении изменений в Критерии аккредитации [1], касающиеся применения лабораториями риск-ориентированного подхода. Также соответствие Критериям обеспечивает применение стандарта ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий», в котором по-новому сформулированы действия в отношении рисков и возможностей [2].

В условиях рыночной конкуренции, а также в целях соблюдения законодательства, возникла необходимость разработать эффективную процедуру управления рисками в ФГУП «УНИИМ». Национальный стандарт ГОСТ Р ИСО 31000-2010 [3] дает рекомендации по разработке такой процедуры.

В ФГУП «УНИИМ» действует двухуровневая структура риск-менеджмента:

- на уровне подразделения;
- на уровне высшего руководства.

Процедура включает следующие основные этапы:

- идентификация рисков;
- определение уровня каждого риска;
- воздействие на риск;
- мониторинг риска.

Идентификация рисков осуществляется методом мозгового штурма сотрудниками подразделения, а затем экспертным методом на уровне высшего руководства.

Определение уровня риска основано на оценке вероятности возникновения и тяжести последствий риска. В стандарте организации [4] предложены градации данных показателей.

Воздействие на риск включает ряд мероприятий, направленных на снижение вероятности возникновения риска.

Мониторинг риска заключается в периодической оценке эффективности и результативности проведенных мероприятий.

После проведенных мероприятий руководитель подразделения составляет реестр рисков, передает в отдел системы менеджмента качества, где реестры по каждому виду деятельности анализируется высшим руководством.

Далее составляется сводный реестр рисков и доносится до сотрудников всего института на Совете по качеству.

Таким образом, внедрение стандарта по управлению рисками способствует достижению целей организации и предотвращению негативных последствий в будущем, что положительно сказывается на конкурентоспособности и адаптации к изменениям.

1. Приказ Минэкономразвития России от 30.05.2014 №326 «Об утверждении Критериев аккредитации, перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации, и перечня документов в области стандартизации, соблюдение требований которых заявителями, аккредитованными лицами обеспечивает их соответствие критериям аккредитации»

2. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий»

3. ГОСТ Р ИСО 31000-2010 «Менеджмент риска. Принципы и руководство»

4. СМК 02 СТО 42-2019 «Риск-менеджмент. Организация и порядок проведения процедуры»

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПУБЛИКАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ УСПЕШНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ НАУЧНОЙ ПУБЛИКАЦИИ

Глебова О.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: gleboovaolga@mail.ru

ANALYSIS OF INDICATORS OF PUBLICATION ACTIVITY IN ORDER TO CREATE A SYSTEM OF SUCCESSFUL IMPLEMENTATION OF SCIENTIFIC PUBLICATION

Glebova O.N.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

Introduction of scientometric indicators in Russia for evaluating activity of scientists and, in general, research organizations, breaks down the entire established system of scientific hierarchy. Then, for successful adaptation of the new system appropriate techniques and resources are needed.

Динамичное развитие научной среды любой страны является важным фактором, повышающим ее престиж, экономический и технологический уровень развития. Наукометрия служит основой для оценки результатов исследований на разных уровнях: индивидуальном, институциональном, региональном и государственном. Она основана на количественном анализе научных достижений. Не вдаваясь в обсуждение правильности такой концепции оценки научной деятельности, отметим, что в настоящее время научные организации отчитываются вышестоящим органам в области науки по множеству показателей, связанных с публикационной деятельностью.

Следовательно, организации заинтересованы в нахождении и применении инструментов, способствующих увеличению этих показателей. Для этого необходимо проанализировать показатели, которые отражают публикационную деятельность.

Проанализированы показатели:

- количество публикаций;
- цитируемость;
- индекс Хирша.

В процедуре анализа были использованы сведения 30 научных исследователей в области инженерии, работающих в одной научной организации. При этом выбор был сделан так, чтобы период первой публикации был в диапазоне с 2008 по 2010 гг. По результатам анализа двух первых показателей сделаны выводы, что наиболее прогнозируемый показатель – цитируемость. Это объясняется тем, что в настоящее время активно набирают интерес междисциплинарные

исследования, которые ссылаются на опубликованные работы в данной области. Необходимо отметить, что показатель «количество публикаций» зачастую искусственно планируется заранее, поэтому отследить его сложно. Одна из причин этого в том, что создание публикации напрямую зависит от наличия объекта исследования: нет объекта исследования – нет публикации.

Третий рассмотренный показатель – индекс Хирша, который основывается на количестве публикаций и количестве цитирований. Но в равных ли долях упомянутые показатели влияют на индекс Хирша? Из найденных коэффициентов корреляции сделан вывод, что данный показатель зависит в большой мере от показателя цитируемости, нежели от количества публикаций.

Таким образом, можно утверждать, что общее количество ссылок на научную публикацию является тем показателем, который лучше всего отражает научные достижения, поскольку он дает меру интегрированного воздействия работы ученого на работу других. Следовательно, в последующих действиях по созданию системы успешной реализации научной публикации логичнее опираться на значения показателя цитируемости, который, в свою очередь, можно спрогнозировать. Планируемая система может быть удачно интегрирована в систему менеджмента качества научных организаций, поскольку предполагает использование показателей, которые легко поддаются количественной оценке, что требуется системой менеджмента качества [1].

Выражаю благодарность своему научному руководителю Власову Максиму Игоревичу за ценные советы и рекомендации при написании статьи.

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования

РАЗРАБОТКА KPI СОТРУДНИКА ПРИ ВНЕДРЕНИИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Гурьянова М.В.[1], Мясникова Д.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
E-mail: priv_et@mail.ru

DEVELOPEMENT OF EMPLOYEES KPI IN THE IMPLEMENTATION OF LEAN PRODUCTION

Guryanova M.V.[1], Myasnikova D.V.[1]
[1)] Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin

The article presents the problems of implementing the principles of lean manufacturing. The solution may be the use of KPI. Daily accounting of employee performance can ensure the correct implementation of lean manufacturing, increase the efficiency of companies.

За последние пятнадцать лет в России значительно возрос интерес к вопросам менеджмента, управления предприятиями, преобразованиям организационных структур компаний. Грамотно созданная производственная система предприятия позволяет добиться значительных успехов в постоянно меняющихся условиях рынка, занять лидирующие позиции среди конкурентов и завоевать доверие потребителей.

С целью достижения преимущества над своими основными конкурентами, в той или иной сфере бизнеса, многие отечественные организации начинают внедрять в свою работу принципы системы бережливого производства. Многие компании, поначалу заявляющие о различного рода выигрышах от бережливого производства, зачастую вскоре обнаруживают, что улучшения остаются локальными [1].

Одни из корневых причин слабой эффективности производства многих российских компаний заключаются в недостатке необходимой информации, сложности в финансово-экономическом состоянии предприятий, привлечение разнопрофильных организаций для обучения бережливому производству, отсутствие стандартизированных учебных программ по данной концепции. Все это отражается в непонимании основных принципов и ценностей бережливого производства сотрудниками организации, неприятие преобразований со стороны сотрудников, а также отсутствии ответственности за конечный результат и мотивации к использованию инструментов новой концепции [1].

Однако, решение можно найти с помощью одновременного использования на предприятии KPI. KPI – это инструмент, который помогает анализировать эффективность определенной деятельности, а также уровень достижения поставленных целей. KPI позволяют руководителям проводить мониторинг эффективности работы подчиненной команды в режиме «онлайн», своевременно влиять на

результативность и обучать своих работников. Достижение KPI в большей степени зависит от индивидуальных результатов работы, они фокусируют руководителя и его команду на действительно важных аспектах, позволяют корректировать и улучшать работу сотрудников [2].

В результате, при включении в KPI работников некоторых показателей бережливого производства, а именно: "количество рацпредложенией", "уровень поддержания порядка на рабочем месте", "уровень экономии расходных материалов", а главное связав их числовые значения с заработной платой, можно ожидать значительное повышение эффективности деятельности сотрудников и прибыли предприятия.

1. Клочков Ю.П. Организационные механизмы внедрения бережливого производства на промышленном предприятии. Теория и практика общественного развития (2012).

2. Елиферов, В.Г., В.В. Репин. Бизнес-процессы: регламентация и управление (2018).

АППАРАТ ПОМОЩИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЮ С НАРУШЕНИЕМ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ

Капарова К.А.[1, 2], Бородин К.И.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов им. Н. А. Михеева УрО РАН, Россия, Екатеринбург
E-mail: kaparova.kristina@mail.ru

ASSISTANCE DEVICE FOR USERS WITH MOTO-FUNCTIONAL VIOLATIONS

Kaparova K.A.[1, 2], Borodin K.I.[1, 2]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin
[2)] M. N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation

A comprehensive study of the assistance apparatus when walking a user with a violation of the musculoskeletal system was carried out, the principle of the invention was described, the exoskeleton market was studied, and competitive advantages were identified.

Медицинский экзоскелет обязательно в скором будущем получит свое признание. Современные инновационные разработки роботов для инвалидов и экзоскелетов для людей с ограниченными возможностями, могут существенно облегчить жизнь людям, у которых есть физические отклонения. Разработкой экзоскелетов инвалидов занимаются ученые в разных странах мира, и пусть пока

купить экзоскелет обыкновенному обывателю не представляется возможным, в этом направлении уже сделаны важные шаги. Не смотря на первоначальную цель применения экзоскелетов, направленную на военные разработки, сегодня задача создания экзоскелетов переориентирована в мирное русло. Медицинский экзоскелет - прогрессивная разработка ученых, созданная для людей с ограниченными возможностями. Важно понимать, что созданные роботы и приборы для инвалидов на базе разработанных экзоскелетов, ставят на новый уровень жизнь людей с ограниченными возможностями [1].

В настоящий момент экзоскелеты общего назначения являются экзотическими товарами и их рынок в России и в мире практически не сформирован, однако большинство экспертов сходятся во мнении, что они обладают большим рыночным потенциалом. Потребность только в сверхлегких экзоскелетах общехозяйственного назначения с потенциальной возможностью медицинского применения составляет десятки тысяч штук в год. Исследования зарубежными специалистами рынка роботизированных экзоскелетов для реабилитации по всему миру с 2015 по 2021 год показало, что его ожидает значительный рост с 16,5 млн долл. США в 2014 г. до 2,1 млрд в 2021 году.

В области разработки экзоскелетов у России существует серьезное отставание – все ведущие иностранные проекты развиваются уже более 10 лет и ими пройден серьезный путь. Драйвером развития этих проектов является финансирование со стороны оборонного ведомства США, но результаты этих разработок уже начинают активно использоваться в гражданских областях, в частности, в медицине [2].

К счастью, период безвременья для российской науки подходит к концу, наше государство проявляет интерес и осуществляет финансовую поддержку для перспективных инновационных проектов, в частности, экзоскелетов. И поскольку в России еще остались разработчики, обладающие необходимым уровнем знаний и технической оснащенности, необходимо попытаться ликвидировать отставание в области разработок экзоскелетов. Команда проекта ЭкзоАтлет делает для этого все возможное и уже в ближайшем будущем планирует вывести на рынок ЭкзоАтлет Про – разработку нового поколения для использования в реабилитационных центрах.

1. Воронянская Л.К., Галкин Л.Г., Евсютина В.Б., Журнал Физическое воспитание студентов, №3, (2009)

2. Клочков А.С., Роботизированные системы в восстановлении навыка ходьбы у пациентов, перенесших инсульт, Научный центр неврологии Российской академии медицинских наук, (2012)

ПОТЕНЦИАЛ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Хохлов Д.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: dmitriy.khokhlov98@gmail.com

POTENTIAL OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE SVERDLOVSK REGION

Khokhlov D.S.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

This article examines the position of Russia in the Global innovation index-2019, analyzes the strengths and weaknesses of the Russian Federation. The article also compares the position of the Sverdlovsk region in terms of innovation activity, considers the innovative infrastructure and events.

В современной экономике важную роль играют инновации, они являются неотъемлемой частью экономического развития любого государства. В ежегодном отчете Всемирной организации интеллектуальной собственности (WIPO) в рейтинге инновационного развития (GII) за 2019 год Россия находится на 46 месте, что в целом характеризует уровень развития инновационной деятельности в стране выше среднего, первую строчку рейтинга занимает Швейцария, далее идут Швеция, США, Нидерланды и Великобритания. По сравнению с прошлым годом, рейтинг РФ не изменился.

С целью создания оптимальных условий для формирования региональной инновационной системы и повышения спроса на инновационную продукцию в Свердловской области создаются новые и развиваются существующие объекты инновационной инфраструктуры. В настоящее время в Свердловской области активно функционирует 5 технопарков. Резидентами технопарков являются 106 малых и средних инновационных предприятий. Численность работников резидентов технопарков в настоящее время составляет 3169 человек. Общий объем отгруженных товаров, выполненных работ, оказанных услуг резидентами технопарков в 2018 году составил 15,9 млрд. рублей [1].

Огромную роль в создании и разработки инноваций занимают студенты, которые имеют другой взгляд на жизнь, нежели взрослые предприниматели. ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», является ядром инновационной активности Свердловской области. В нем существует инновационная инфраструктура, в состав которой входят: центр интеллектуальной собственности, центр трансфера технологий и предпринимательства, управление инновационной деятельностью, центр

обеспечения и развития инновационной деятельности, центр образовательных технологий и кадрового обеспечения инновационной деятельности [2].

Согласно стратегии промышленного и инновационного развития Свердловской области на период до 2035 года, будет сохранен высокий потенциал инновационного развития области за счет формирования инновационной системы, стимулирующей развитие инновационной экономики Свердловской области, которая способна показать высокую конкурентоспособность на международном уровне [1]. В конечном итоге, для развития инноваций в России и Свердловской области необходимо создать все необходимые условия для упрощения и улучшения инновационной деятельности. Область нацелена в будущем, достичь третьего места среди субъектов Российской Федерации после городов Москвы и Санкт-Петербурга, по показателям инновационного развития.

1. Стратегия промышленного и инновационного развития Свердловской области на период до 2035 года [Электронный ресурс] Принята 28 июня 2019 года на заседании Правительства Свердловской области – Ресурс доступа: http://mpr.midural.ru//UPLOAD/2019/07/383-PP.pdf

2. Инновационная инфраструктура Уральского федерального университета [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://inno.urfu.ru/

ПРОЦЕДУРА ВНУТРЕННЕЙ АТТЕСТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Худякова Д.М.[1], Пасичник Т.Г.[1], Сёмкин М.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: daria.khudiakova@urfu.ru

PROCEDURE FOR INTERNAL CERTIFICATION OF TEST EQUIPMENT

Khudiakova D.M.[1], Pasichnik T.G.[1], Semkin M.A.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

Documentation support of the procedure for internal certification of test equipment is aimed at improving the functioning of the University's quality management system. In our work describes the process for conducting internal certification of test equipment in the UrFU.

С целью документационного обеспечения процесса внутренней аттестации ИО в УрФУ, сотрудниками Отдела метрологического обеспечения и учета использования научного оборудования (Отдел) разработан порядок проведения внутренней аттестации ИО и соответствующие ему формы документов.

Согласно ГОСТ Р 8.568 [1] первичную аттестацию ИО могут осуществлять только, аккредитованные в установленном порядке в РФ, юридические лица или индивидуальные предприниматели, имеющие подтверждение компетентности в области аттестации ИО (например, центры стандартизации и метрологии). В результате первичной аттестации ИО разрабатывается и утверждается программа и методика аттестации (ПМА), как первичной, так и периодической, проводится оценка нормированных точностных характеристик ИО, оформляется протокол испытаний. При соответствии характеристик ИО заявленным значениям, выдается аттестат ИО.

При наличии на предприятии компетентного персонала, измерительных и технических возможностей, удовлетворяющих критериям ПМА, периодическую аттестацию ИО можно проводить «своими силами». Нами подготовлен проект документированной процедуры УрФУ по аттестации испытательного оборудования университета.

На рис. 1 показана блок-схема процесса внутренней (периодической) аттестации ИО. На первом этапе процесса, испытательная лаборатория (ИЛ) или подразделение, в котором применяется ИО, направляет в Отдел заявку на аттестацию ИО. Сотрудники Отдела проводят входной контроль заявок и рассматривают техническую возможность их реализации.

Заявки, прошедшие предварительное рассмотрение, регистрируются в «Журнале учета заявок», а содержательная часть заявки (информация о технических характеристиках ИО) заносится в реестр и план аттестации ИО.



Рис. 1. Блок-схема процесса внутренней аттестации ИО УрФУ

Работы по внутренней аттестации ИО проводит комиссия УрФУ, в состав которой входят сотрудники:

- подразделения Университета (ИЛ), проводящие работы с использованием данного ИО;
- Отдела Университета;

- технические эксперты из числа сотрудников УрФУ, имеющих профессиональные навыки и опыт работы с подобным ИО.

Члены комиссии назначаются распоряжением проректора по науке. В согласованные сроки, комиссия проводит исследование (испытания) нормированных точностных характеристик ИО и оформляет протокол периодической аттестации, согласно ПМА. При положительных результатах периодической аттестации, срок использования ИО продлевается, в эксплуатационной документации (например, карточка ИО) ставится отметка, а на ИО наносят новую наклейку с указанием даты проведенной аттестации и даты последующей периодической аттестации. В случае, отрицательных результатов, их также указывают в протоколе, включая мероприятия, необходимые для доведения технических характеристик ИО до требуемых значений. Протокол аттестации ИО регистрируется в Отделе метрологии (и оставляется его копия), а оригинал передается в ИЛ.

1. ГОСТ Р 8.568-2017 ГСИ. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения.

ЦЕЛЕПОЛАГАНИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ, КАК ОСНОВА КОНКУРЕНТНОГО ПРЕИМУЩЕСТВА

Хужина Ю.О.[1], Метелёв Д.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
E-mail: yulya5303@mail.ru

GOAL SETTING OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF THE MILITARY-INDUSTRIAL ENTERPRISE AS THE BASIS OF COMPETITIVE ADVANTAGE

Khuzhina Y.O.[1], Metelev D.A.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

Article is about the problems of the quality management system at the military-industrial enterprises. To solve the problems, the objectives of the quality management system according to ISO were defined, according to the heads of organizations and industrial complexes.

Оборонно-промышленный комплекс, как и несколько десятилетий назад, является движущей силой экономического развития Российской Федерации. Предприятия военного назначения имеют ряд специфических особенностей, которые диктует отраслевая принадлежность. К примеру, обеспечение качества выпускаемой продукции, но на данный момент несоответствующей тенденциям рынка.

Целью исследования является разработка целеполагания системы менеджмента качества (далее - СМК) оборонно-промышленного предприятия, как основы конкурентного преимущества.

В данной работе реализованы следующие задачи:

1. рассмотрены цели СМК согласно ГОСТ Р ИСО 9001-2015;
2. рассмотрены цели СМК руководителей предприятий и оборонно-промышленных предприятий;
3. рассмотрены законодательные ограничения СМК оборонно-промышленного предприятия;
4. разработана цель СМК оборонно-промышленного предприятия согласно законодательным требованиям,
5. рассмотрена цель СМК через инструмент «Сбалансированный взгляд на цели».

На основании проведенного анализа, была сформулирована цель СМК для оборонно-промышленного предприятия с учетом требований стандартов ГОСТ Р ИСО 9001-2015 и ГОСТ РВ 0015-002-2012, а также законодательных требований, таких как:

- Положение о ВП МО РФ Постановление правительства РФ от 11.08.1995 г. № 804;
- Постановление Правительства Российской Федерации от 13 июня 2012 г. № 581 «О лицензировании разработки, производства, испытания, установки, монтажа, технического обслуживания, ремонта, утилизации и реализации вооружения и военной техники»;
- Федеральный закон «О лицензировании отдельных видов деятельности» от 04.05.2011 № 99-ФЗ.

Сформулированная цель: производство высокотехнологичной и качественной продукции в связи с обеспечением государственной безопасности к 2030г.

Для детализации сформулированной цели был использован инструмент «Сбалансированный взгляд на цели».

Данный инструмент помогает рассмотреть цель системы менеджмента качества оборонно-промышленного предприятия, как взаимосвязь всех бизнес-процессов предприятия. Создание функционирующей СМК на предприятии позволяет обеспечить качество выпускаемой продукции, производство востребованной и конкурентоспособной продукции.

1. Федеральный закон "О государственном оборонном заказе" от 29.12.2012 № 275-ФЗ
2. Федеральный закон «О лицензировании отдельных видов деятельности» от 04.05.2011 № 99-ФЗ
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 13 июня 2012 г. № 581 «О лицензировании разработки, производства, испытания, установки, монтажа, технического обслуживания, ремонта, утилизации и реализации вооружения и военной техники»

4. Положение о ВП МО РФ Постановление правительства РФ от 11.08.1995 г. № 804
5. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Система менеджмента качества. Требования»

СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ КАК СРЕДСТВО КОММУНИКАЦИИ В СОВРЕМЕННОМ РОССИЙСКОМ ОБЩЕСТВЕ

Кириллова А.Е.[1], Миронова М.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
E-mail: n-87@yandex.ru

SOCIAL NETWORKS AS A TECHNOLOGY OF COMMUNICATION IN RUSSIAN SOCIETY

Kirillova A.E.[1], Mironova M.V.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

Social networks are considered the advanced technology of mass communication. The main functions of social networks are presented in the article. Social media tools change the way of how people communicate and interact with each other.

Одной из главных тенденций развития Интернета последних пяти лет является стремительный рост популярности социальных сетей. Социальные сети создают новое пространство для взаимодействия субъектов.

Понятие «социальной сети» рассматривается с социологической точки зрения в двух контекстах: как способ коммуникации, а также как онлайн платформа для взаимодействия через Интернет. Объединение этих позиций дает нам понимание социальных сетей как онлайн платформы, обеспечивающей процесс коммуникации между индивидами и группами посредством сети Интернет. Таким образом, коммуникация в социальных сетях имеет как индивидуально-личностный, так и массовый аспекты.

Социальные сети сегодня выполняют множество функций, среди которых наиболее значимыми являются: информационная, развлекательная, культорологическая, имиджевая и другие. Коммуникативная функция является одной из ключевых функций социальных сетей.

Коммуникация посредством социальных сетей предполагает новый тип социального пространства, отличающийся, прежде всего, отсутствием пространственно-временных ограничений, специфическим языком взаимодействия, возможностью быть создателем контента, большим разнообразием возможностей для коммуникации. Вместе с тем коммуникация в социальных сетях, зачастую носит достаточно поверхностный и чаще функциональный характер, что

является ее существенным недостатком, поскольку влечет за собой «эмоциональную нищету», а также различного рода аддикции от социальных сетей.

Среди всех Интернет-ресурсов именно социальные сети становятся все более популярными: как по предпочтению пользователей среди прочих площадок, так и по количеству проведенного времени в день. Лидером среди социальных сетей в России по-прежнему остается Вконтакте (72%). На втором месте Instagram (56%), на третьем Одноклассники (45%), на четвертом Facebook (42%) [1]. Вконтакте остается несменным лидером среди всех возрастных групп. Однако если рассмотреть такой показатель как активность пользователей в зависимости от возраста, то станет очевидным следующий факт: количество пользователей, которые посещают ресурс каждый день в возрасте от 12 до 34 лет больше предпочитают Вконтакте и Instagram, а пользователи более старшей возрастной группы (35-64 года) ежедневно отдают предпочтение сети Одноклассники и Facebook [1].

Вывод: Социальные сети становятся все более востребованными с каждым годом. Они успешно выполняют свою изначально задуманную роль: социальные сети могут выступать площадкой для общения отельных индивидов или целых социальных групп. Принципиальные изменения характера коммуникации, которые были вызваны появлением социальных сетей в современном обществе, несомненно требует дальнейшего изучения.

1. Mediascope_Екатерина Курносова_РИФ+КИБ 2019. [Электронный ресурс]. – URL: http://files.runet-id.com/2019/rif/presentations/18apr.rif19-8-1230--kurnosova.pdf (дата обращения 02.12.2019).

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И УСТРАНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НЕПОЛАДОК ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

Киселев А.Д.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: arkadijk99@mail.ru

INNOVATIVE METHODS OF DIAGNOSTICS AND ELIMINATION OF TECHNICAL MALFUNCTIONS OF AIR LINES

Kiselev A.D.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

This article discusses the main problems associated with the operation of modern overhead lines and analyzes innovative approaches to eliminating these problems. Based on the work done, solutions were identified in the field of Internet things, unmanned systems, and the struc-ture of electrical wire

Устаревшие провода в существующих линиях электропередачи имеют низкую проводимость, низкую механическую прочность, плохо противостоят погодным явлениям и дают большие потери при передаче. Существует огромное количество всевозможных дефектов на воздушных линиях, из-за которых энергокомпании несут огромные убытки, а специалисты рискуют жизнями чтобы их исправить. Поэтому, необходимость в инновациях в такой области постоянно высока. В данной статье методы разбиты на две основные группы: изменяющие способ передачи электроэнергии (ликвидирующие потребность в использовании воздушных линий) и усовершенствование существующих средств обслуживания. Из первой группы были найдены методы беспроводной передачи электричества, такие как: электромагнитная индукция. микроволновое излучение, лазерное излучение, а также рассмотрен способ передачи электроэнергии с помощью подземных линий. На основе анализа этих методов было выявлено, что в данный момент ни один из методов не может заменить существующую энергосистему, включающую в себя воздушные линии. Также были рассмотрены инновационные подходы к обслуживанию воздушных линий. Так, были обнаружены интересные проекты, связанные с беспилотными летательными аппаратами, Интернет-вещами, изменениями формы самих проводов. Таким образом, наличие таких проектов на российском рынке позволяет говорить о том, что отечественные энергокомпании в скором времени будут полноценно внедрять инновационные проекты в свои системы, за счет чего будут повышать свой экономический потенциал в отрасли.

1. Васильева Е.Н Smart Grid в России: практика и перспективы [Электронный ресурс] : - Режим доступа: https://borlas.ru/press/533_document.pdf

2. Электрическая часть электростанции и электрической сети. Термины и определения. [Электронный ресурс] : ГОСТ 24291-90 // Межгосудар-ственный стандарт - Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/gost-24291-90

3. Передача электроэнергии без проводов- от начала до наших дней [Электронный ресурс] : - Режим доступа: https://habr.com/ru/post/373183/

4. «Интернет вещей» (IoT) в России Технология будущего, доступная уже сейчас [Электронный ресурс] : - Режим доступа: https://www.pwc.ru/ru/publications/iot/iot-in-russia-research-rus.pdf

5. Плотников О.В. Что такое LoRaWan [Электронный ресурс] : - Режим доступа: [https://habr.com/ru/company/nag/blog/371067/]

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ СТАРТАПА НА ГЛОБАЛЬНОМ РЫНКЕ ДЛЯ УСПЕШНОГО ВЕДЕНИЯ БИЗНЕСА В КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЯХ ЖИЗНИ ЛЮДЕЙ

Кондратьева С.С.[1], Терлыга Н.Г.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

E-mail: svetlanakondrateva22@gmail.com

DEVELOPMENT STRATEGY OF A STARTUP IN THE GLOBAL MARKET FOR SUCCESSFUL BUSINESS IN COMFORTABLE LIVING CONDITIONS FOR PEOPLE

Kondrateva S.S.[1], Terlyga N.G.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

The development of the global economy is closely related to the development of technology in the global market. Concerning, there was a need for research whose purpose is to create a universal rating of countries for successful business and comfortable living conditions for startup participants.

Мировая экономика непрерывно движется по пути развития. Развитие мировой экономики тесно связано с развитием технологий на глобальном рынке. Наравне с этим высокими темпами растет и конкуренция предприятий и высокотехнологичных наукоемких продуктов. Удержание лидирующих позиций на отраслевом рынке играет значительную роль для каждого предприятия.

В связи с этим возникла потребность в исследовании, целью которого является создание универсального рейтинга стран ведения бизнеса для стартапа. Предмет исследования – технологическое предпринимательство. В качестве объекта исследованы стартапы, как элементы инновационной инфраструктуры, предлагающие глобальному рынку высокотехнологичные наукоемкие продукты.

Для начинающего стартапа, предлагающего высокотехнологичный наукоемкий продукт, существенную роль играет внедрение продукта на глобальный рынок. Исходя из этой цели, возникает вопрос выбора страны для ведения бизнеса.

Исходя из опроса мнения участников стартапов, подтвердилась гипотеза, что помимо благоприятных условий для ведения бизнеса важным является и социальная составляющая, то есть комфортные условия для жизни. Проведя анализ существующих рейтингов, выяснилось, что на данный момент нет сбалансированного рейтинга стран, удовлетворяющего потребностям участников стартапов не только для успешного ведения бизнеса, но и для комфортного проживания.

За основу было взято аналитическое издание Startup Blink [1], предоставляющее рейтинг наиболее благоприятных стран для стартапов. В ходе исследования рейтинг был трансформирован под предпочтения участников стартапов. В качестве предпочтений стратапов было выявлено 4 наиболее важных критерия: наличие инвестиционной поддержки (венчурные фонды, бизнес-ангелы), условия получение визы (стартап виза), простота ведения бизнеса, достойный уровень жизни.

Таблица 1 – Сравнительный анализ рейтингов

Ранг	Полученный рейтинг с учетом предпочтений стартап-проекта	Рейтинг Startup Blink
1	США	США
2	Канада	Великобритания
3	Великобритания	Канада
4	Швеция	Израиль
5	Финляндия	Австралия
6	Австралия	Нидерланды
7	Швейцария	Швеция
8	Нидерланды	Швейцария
9	Ирландия	Германия
10	Франция	Испания

Рис. 1. Сравнительный анализ рейтингов

На основе полученных данных был составлен новый рейтинг стран, который учитывает предпочтения участников стартапов. По таблице (Рис.1.) можно сравнить топ-10 стран рейтинга Startup Blink с полученным нами рейтингом, учитывающим предпочтения участников стартапов.

Полученный рейтинг носит рекомендательный характер, помогая начинающим российским высокотехнологичным стартапам принять решение при выборе страны для успешного и комфортного ведения бизнеса.

1. Аналитическое издание Startup Blink. Официальный сайт [Электронный ресурс] – URL: https://www.startupblink.com/

ПРОБЛЕМЫ ПАТЕНТОВАНИЯ В ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Кривощекова А.Д.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: al.kriv31@gmail.com

PROBLEMS OF PATENTING IN THE PHARMACEUTICALS INDUSTRY OF THE RUSSIAN FEDERATION

Krivochshekova A.D.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

The article provides an analysis of the most significant problems in the patenting of medicines in the author's opinion, as well as recommendations for resolving them

Фармацевтическая отрасль – одна из важнейших, быстроразвивающихся, инновационных и наукоемких отраслей российской промышленности. Для обеспечения конкурентоспособности и эффективности в данной отрасли непрерывно ведется разработка новых лекарственных препаратов и композиций.

В данной статье был проведен анализ патентной активности Российской Федерации. Результаты анализа показали низкий уровень патентной активности в фармацевтической отрасли в РФ, в сравнении с зарубежными странами, был сделан вывод о наличии проблемных моментов, возникающих у российских производителей лекарственных средств в процессе получения патента.

В статье рассмотрены такие проблемы в сфере патентования лекарственных средств, как:

- Проблема выбора объекта патентования;
- Проблема баланса интересов субъектов в данной сфере.

Основываясь на статистическом исследовании [1] в результате которого было выявлено, что наиболее часто результаты интеллектуальной собственности в области лекарственных средств и препаратов получают правовую охрану в качестве соединений и способов лечения. Автор статьи рекомендует выбирать форму правовой охраны в качестве соединений, т.к. исходя из проведенного анализа судебной практики по оспариванию патентов, данная форма правовой охраны обеспечивает наибольшую защищенность.

Отрасль фармацевтики является социально значимой, поэтому особое внимание уделяется балансу интересов субъектов данной отрасли, а именно – потребителей, производителей и государства. Был проведен сопоставительный анализ правового регулирования фармацевтической отрасли в России и зарубежных странах.

1. Сёмин А.А., Наркевич И.А., Петрова Т.А. Патентование при разработке лекарственных средств: особенности и проблемы //Фармация. 2017. Т. 66. № 6. С. 3–8.

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ УЧЕБНО-ДИДАКТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Крохин Л.А.[1], Крохин А.Л.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
E-mail: alkrochin@yandex.ru

CREATION AND DEVELOPMENT OF SYSTEMS OF EDUCATIONAL AND DIDACTIC MATERIALS USING AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY

Krokhin L.A.[1], Krochin A.L.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

The work notes both the need and the opportunity to improve the perception efficiency of didactic and scientific materials using the latest software and hardware technologies of the implemented dynamic images (U3D and PRC) and augmented reality (AR).

Развитие как инфраструктуры, так и аппаратуры изменило не только содержание и форму коммуникативного обмена. Изменился и менталитет самих субъектов коммуникации. Специалисты по управлению персоналом и преподаватели ВУЗа отмечают явную тенденцию смещения фокуса восприятия информации у студентов и соискателей в сторону визуального канала получения информации [1]. Это обусловлено преобладанием видео и графического контента в привычном повседневном информационном рационе: социальные сети, сервисы видеохостинга и месенджеры. При этом отмечается нелинейность восприятия информации, сложности при усвоении абстрактной и новой информации в традиционном формате: текст, статические графики и электронные таблицы.

Иконографическая нотация и концептуальные карты широко используется и при моделировании бизнес процессов, и при непосредственной разработке проектов систем менеджмента [2]. Существенное повышение эффективности восприятия дидактических и научных материалов обеспечивает технология внедренных в pdf-документы динамических 3х-мерных изображений [3]. Так оформляются статьи в сетевых журнала, лекционные презентации и книги. Однако при этом терминалом служит монитор компьютера или экран проектора. Альтернативная технология расширенной реальности (Augmented Reality – AR) [4] учитывает факт наличия смартфона практически у каждого студента. Кроме того, легко «добавить» компоненты AR даже и в традиционную печатную продукцию.

1. Исходные скрипты для подготовки и текстовых, и графических материалов, включая управляющие теги готовятся в любом пакете LaTeX, известном как универсальный инструмент создания удобных для восприятия математических статей.

2. Входящие в любой дистрибутив LaTeXa TikZ и PsTricks — инструменты подготовки иллюстраций и анимаций, как выразительных средств передачи якорных образов и необходимых ассоциаций и аллюзий, необходимых для понимания и систематизации знаний в предметной области.

3. Смартфон, как данность современного мира и платформа для объединения классических и новых методических материалов в единую учебную систему.

4. Перспективным представляется использование чат-ботов [5] для создания справочно-дидактических материалов.

Предлагаемый подход и технические инструменты позволяют увеличить эффективность восприятия классических фундаментальных учебных курсов и повысить их конкурентоспособность среди других привычных источников информации современных молодых людей.

1. Крохин Л. А. Символические языки и их нотации в моделировании информационных процессов как объект и субъект инновационного образования: опыт применения [Электронный ресурс] / Л. А. Крохин, А. Л. Крохин // Новые образовательные технологии в вузе : материалы XI международной научно-методической конференции. — Екатеринбург, 2014. — Режим доступа: http://hdl.handle.net/10995/24631.

2. Alexander L. Krochin Visual Metaphor of Mathematical Abstractions and their Visualization through Newly Uprised PDF-Document Facilities Proceedings of the 1st International Workshop on Radio Electronics & Information Technologies.Yekaterinburg, Russia, March 15, 2017. retrieved from http://ceur-ws.org/Vol-1814/.52-62

3. П.Ю. Тенхунен, Ю.А. Елисеева. Особенности восприятия учебной информации современными студентами - url: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-vospriyatiya-uchebnoy-informatsii-sovremennymi-studentami-potentsial-vizualnoy-kontseptualizatsii .

4. Steve Aukstakalnis. Practical Augmented Reality: A Guide to the Technologies, Applications and Human Factors for AR and VR (Usability) amazon.com

5. Oisin Muldowney. Chatbots: An Introduction And Easy Guide To Making Your Own. Amazon.com

VENTURE BUILDER – НОВАЯ МОДЕЛЬ ПОДДЕРЖКИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Лякишева А.Д.[1], Метелев Д.А.[1], Бабин Н.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: ariadnalyakisheva@gmail.com

VENTURE BUILDER – NEW SUPPORT MODEL FOR INNOVATIVE PROJECT

Lyakisheva A.D.[1], Metelev D.A.[1], Babin N.I.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

The article considers a model that is gaining popularity in the ecosystem of technological projects support of an early-stage - Venture Builder. The key characteristics of the new model and its differences from accelerators are also considered.

Сегодня мы видим растущую популярность еще одной модели в экосистеме поддержки технологических проектов ранней стадии – венчурное строительство (от англ. Venture Builder). В последние годы такая модель набирает обороты, завоевывает популярность на мировых рынках и играет все более важную роль в инновациях и поддержке бизнеса в ряде ключевых отраслей. Венчурное строительство часто называют – «стартап-студии», «стартап-фабрики» и «стартап-заводы». В отличие от инкубаторов и акселераторов, венчурные строители не принимают заявки от сторонних стартапов и не проводят конкурсной программы.

Первая модель венчурного строительства была разработана в 1996 году Биллом Гроссом в Кремниевой долине, США . Он основал компанию Idealab с целью создания и управления новаторскими технологическими компаниями. Структура Idealab позволила протестировать сразу много идей и превратить лучшие из них в компании, привлекая человеческий и финансовый капитал, необходимый для их вывода на рынок. Idealab предоставляет своим компаниям широкий спектр оперативной поддержки, что позволяет руководству компаний сосредоточиться на быстром и экономичном выходе на рынок и воспользоваться преимуществами последовательного запуска. Билл Гросс и Idealab основали или усовершенствовали более 150 компаний. Текущие операционные компании предоставляют инновационные технологические решения в таких отраслях, как программное обеспечение, поиск, интернет-медиа и услуги в области альтернативной энергетики.

В России есть компания, которая позиционирует себя как стартап-студия — это Fastlane Ventures . У компании в портфеле 4 компании, и 4 компании выпущены. Более ярким примером является российский венчурный строитель — сеть наноцентров Фонда инфраструктурных и образовательных программ ОАО «Роснано» .

Ключевые характеристики модели венчурных строителей:

● Инициирование предприятий происходит «внутри компании». Венчурные строители создают команду из собственных предпринимателей и предлагают идеи для развития команды в коммерческие бизнес-возможности.

● Независимое и самостоятельное принятие решений по инвестициям. Основная цель состоит в том, чтобы сделать деньги из успешных выходов.

● Венчурные строители часто сохраняют контрольный пакет акций своих предприятий.

● В частности, венчурные строители используют одни и те же команды для нескольких предприятий, пока одно не добьется успеха.

● Обеспечение финансирования (предпосевное, посевное, Серия А и т.д.) к участвующим предприятиям, частично поступающим от инвесторов. Венчурные строители также известны тем, что помогают предприятиям в привлечении дополнительных раундов инвестиций.

1. Информационный портал Idealab / [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.crunchbase.com/organization/idealab#section-overview

2. Информационный портал Fastlane Ventures / [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.fastlaneventures.ru/?page_id=1883

3. Информационный портал РОСНАНО / [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.rusnano.com/

4. Почему я не верю в акселераторы / [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://vc.ru/digitalhorizon/91150-pochemu-ya-ne-veryu-v-akseleratory

5. Ковалевич Д. А. Рамки создания новой деятельности по серийному венчуростроительству в контексте 3-1 промышленной революции: презентация / Ковалевич Д. А. — М.2016 — 58 с

ЦИФРОВАЯ АДДИКЦИЯ ШКОЛЬНИКОВ: ФЕНОМЕН И ДИАГНОСТИКА

Миниахметова И.И.[1], Петерсон Е.Ю.[1], Чикова О.А.[1, 2], Максимова Л.А.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

[2)] Уральский государственный педагогический университет

E-mail: irina.miniahmetova1998@gmail.com

DIGITAL ADDICTION IN SCHOOLS: A PHENOMENON AND DIAGNOSTICS

Miniakhmetova I.I.[1], Peterson E.Y.[1], Chikova O.A.[1, 2], Maximova L.A.[2]

[1)] Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin

[2)] Ural State Pedagogical University

It is necessary to answer the question of how modern information and communication educational technologies affect the functional state, mental development and health of children and adolescents, how to ensure the safety of digital education.

Одно из главных направлений развития современной школы - цифровизация обучения, что предполагает обеспечение безопасности цифровой образовательной среды. Необходимо дать ответ на вопрос о том, как влияют современные информационно-коммуникационные образовательные технологии на функциональное состояние, психическое развитие и здоровье детей и подростков, как обеспечить безопасность цифрового образования. Актуально специальное просвещение педагогов, детей и родителей для донесения информации о правилах безопасного использования цифровых устройств и профилактики цифровой аддикции. В современных научных исследованиях под цифровой аддикцией (от англ. addiction — зависимость, пагубная привычка, привыкание), понимается ощущаемая человеком навязчивая потребность в деятельности, предполагающей использование цифровых устройств. Интернет-аддикция проявляется стремлением субъекта каким-либо способом уйти от реальности, изменяя свое психическое состояние, человек при этом останавливается в своем личностном развитии.

1. Приоритетный проект в области образования «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://neorusedu.ru/about

2. Бухановский А.О., Солдаткин В.А., Мавани Д.Ч., Дьяченко А.В. Компьютерная зависимость: расстройство, которого пока нет в классификациях (обзор зарубежной литературы)//Российский психиатрический журнал. 2012. No. 1. С. 21-29.

3. Карпова Е.Е. Теоретический анализ понятия "цифровая зависимость" в зарубежных исследованиях // Вестник ЛГУ им. А.С. Пушкина. 2017. No. 4. С.111-114.

4. Карабанов А. П., Шарковский Д. М. Современное состояние проблемы измерения интернет-зависимого поведения // Известия Иркутского государственного университета. Серия Психология. 2018. Т. 26. С. 53–62.

5. Янг К. Клинические аспекты интернет-зависимого поведения // Медицинская психология в России: электрон. науч. журн. 2015. N 4(33). С. 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа :http://mprj.ru

РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА ПОСРЕДСТВОМ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ В LIGROGAME

Молоднякова А.В.[1]

[1)] ООО «АВСПАНТЕРА», г. Нижний Тагил, Россия
E-mail: molodnalena@yandex.ru

DEVELOPMENT OF ENGINEERING THINKING OF PRESCHOOL CHILDREN THROUGH INNOVATIVE 3D-MODELING TECHNOLOGY IN LIGROGAME

Molodnyakova A.V.[1]
[1)] LLC ABSPANTHERA Nizhny Tagil , Russia

The article discusses the possibilities of innovative technology 3D-modeling in LigroGame for the development of engineering thinking of preschool children in the framework of the additional program «Play and model in LigroGame».

В настоящее время актуальным направлением является STEM – подход – образовательное международное направление, призванное создать условия для формирования ранних форм профориентации для наукоемких и инженерных специальностей.

Группой отечественных разработчиков (Молоднякова А.В., Малков Г.В., Ковязин А.В.) было разработано образовательное решение для STEM – образования - электронная среда по 3D-моделированию LigroGame и дополнительная программа «Играем и моделируем в LigroGame» для детей дошкольного возраста.

Практика развития инженерного мышления предполагает овладение детьми такими понятиями как «техническая задача» и «технический результат» на элементарном уровне. В долгосрочном проекте «Лаборатория звука» (МАДОУ № 43 «Малыш», г. Сухой Лог) дети с поддержкой педагога изучали простые музыкальные инструменты как систему признаков, определяли особенности звуковых эффектов музыкальных инструментов. С помощью педагога была определена техническая задача для нового музыкального инструмента: создать новый звуковой эффект для музыкального инструмента «маракас».

На первом этапе дети описывали объект «маракас» посредством морфологической матрицы как систему значений признаков, на следующем этапе данная матрица была использована детьми для преобразований по части «корпус». Для создания объекта «маракас – юла» детьми использовались приемы математического моделирования: части объекта были обозначены в морфологической матрице посредством основных геометрических фигур, формы частей – трехмерными геометрическими формами. Схема объекта «маракас» с новыми значениями признаков части «корпус» использовалась детьми для создания компьютерной модели в 3D LigroGame и ее реализации посредством 3D-печати.

Пример нового музыкального инструмента «маракас-юла» (педагог Унесихина Ю.Г.). Корпус «маракас-юла» включает три новых части: основная полая часть с шумовым наполнителем, верхняя часть, которая является светодиодным фонариком, и нижняя часть, которая использует форму «конус» для эффекта вращения. Новый технический эффект, который был создан путем объединения новых частей корпуса: звуковой, оптический, эффект вращения вокруг своей оси. Таким образом, технический результат создания объекта «маракас-юла» увеличил диапазон использования данного инструмента: можно использовать как музыкальный инструмент в оркестре, для игры в качестве волчка, как средство создания светового эффекта путем вращения корпуса.



Рис. 1. Маракас-юла

На этапе «эксплуатации» нового объекта дети замеряли новые технические эффекты «маракаса – юлы»: устойчивость объекта при вращении, звуковые эффекты при вращении объекта и путем встряхивания, свойства оптических эффектов при вращении маракаса и в статичном состоянии.

Таким образом, в процессе создания объекта «маракас – юла» дети дошкольного возраста освоили жизненный цикл создания продукта в рамках модели «придумывай-проектируй-реализуй-управляй», которая является общим контекстом инженерного образования по международным стандартам CDIO.

1. Молоднякова А.В., Лесин С.М. Формирование раннего инженерного и технологического образования в условиях технологической насыщенности системы дошкольного образования/ «Интерактивное образование» №3. 2018. С. 38-42

2. Молоднякова А.В. Технология игрового 3D моделирования в LigroGame как инновационный метод для развития естественно–математических представлений детей дошкольного возраста на основе цифровых технологий/ Психология личности: культурно-исторический подход // Материалы XX Международных чтений памяти Л.С. Выготского. Москва, 18 20 ноября 2019 г. / Под ред. Г.Г. Кравцова: В 2 т. Т.2. М.: Левъ, 2019, С. 158

3. Нестеренко А. А. Мастерская знаний: Проблемно-ориентированное обучение на базе ОТСМ-ТРИЗ. Учеб. пособие для / под редакцией А. А. Нестеренко. — М.: BOOKINFILE, 2013. — 591с.

СОЦИАЛЬНЫЕ ИННОВАЦИИ

Пахомова О.А.[1], Метелев Д.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: pakhomovaaoxana@yandex.ru

SOCIAL INNOVATIONS

Pakhomova O.A.[1], Metelev D.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Social innovations are a relatively new term, the methodology of which has not yet been formed into a generally accepted concept, but are essential for optimizing the state's efforts for socio-economic development, both in individual regions and in the country as a whole.

Современное общество охватила волна инновационных преобразований. Характерной особенностью перехода к инновационной модели в глобальном масштабе стало формирование двух подходов — технократического и социально-ориентированного [1]. Процесс гуманизации современного общества привел к тому, что из большого разнообразия видов инноваций появился особый их вид, а именно — социальные инновации, имеющие отношение к социальной сфере и связанные не только с личностными интересами, но и с интересами государства.

Социальные инновации представляют собой относительно новый термин, методология которого еще не сформировалась в общепризнанную концепцию. Разграничение понятий «инновация» и «социальная инновация» осложняется тем, что в общественных науках существует широкое и узкое понимание категории «социальное»[4]. Социальными в широком значении этого слова можно считать абсолютно все существующие виды инноваций: технико-технологические,

экономические, политические, правовые, собственно социальные, психологические, педагогические, научные, культурные и др., поскольку они являются общественными феноменами. В узком же смысле под социальными инновациями следует понимать процессы обновления только социальной сферы жизни общества, порождающие изменения социальных групп, общностей и их отношений, социальной среды, социальных институтов и организаций. Таким образом, социальная инновация может быть интерпретирована как сложный социальный процесс введения, освоения и интеграции новых элементов в различных сферах общественной жизни. Социальные инновации в конечном итоге связаны с инвестициями в человеческий капитал. Главным условием достижения устойчивого развития экономики и, как следствие, повышение конкурентоспособности является накопление и сохранение человеческого капитала, проведение в жизнь стратегий, побуждающих людей совершенствовать свои навыки и умения на протяжении всей жизни посредством непрерывного обучения и профессиональной подготовки[3].

Подводя итог, необходимо отметить, социальные инновации имеют существенное значение для оптимизации усилий государства по социально-экономическому развитию, как отдельных регионов, так и страны в целом[2]. Социальная компонента в первую очередь направлена на приоритет развития человека, на его переориентацию с объекта на субъект развития, а также на сохранение и стабилизацию его социально-культурной среды. Перспективы дальнейшего развития России связаны с формированием устойчивой инновационной экономической системы, ориентированной на человека, на улучшение качества и уровня его жизни. В этой области активно ведутся разработки, однако еще мало сделано для того, чтобы определить это понятие и оценить его потенциальное влияние на мировую экономику и качество жизни людей. Таким образом, современные инновации должны быть направлены на поддержание экономического прогресса, обеспечение защиты окружающей среды и развитие общества. Именно такие инновации являются действительно социально-важными.

1. Валишвили М.А., Никитская Е.Ф. Человеческий капитал в контексте инновационного развития экономики региона//Фундаментальные исследования. – 2015. – No 2 (часть 17) [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10007126

2. Малянов Е.А. Социально-культурная инноватика: становление нового направления инновационных исследований // Вестник МГУКИ. 2009. №5. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialno-kulturnaya-innovatika-stanovlenie-novogo-napravleniya-innovatsionnyh-issledovaniy

3. Никитская Е.Ф., Валишвили М.А. Социальные инновации как фактор развития российской экономики // Austrian Journal of Humanities and Social Sciences. 2018. №7-8. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnye-innovatsii-kak-faktor-razvitiya-rossiyskoy-ekonomiki

4. Царев Александр Сергеевич Социальная инновация как универсальное начало общественного бытия // Власть. 2010. №1. [Электронный ресурс] – Режим доступа:

https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnaya-innovatsiya-kak-universalnoe-nachalo-obschestvennogo-bytiya

ТИПОВЫЕ РИСКИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЦЕССА ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Романычева К.С.[1], Спиридонов Д.М.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: ksswift@mail.ru

TYPICAL RISKS AND CAPABILITIES OF THE MEASUREMENT VERIFICATION PROCESS

Romanycheva K.S.[1], Spiridonov D.M.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

This article describes targets, goals, determination and analysis of typical risks and capabilities during the verification of measuring instruments in the metrological service.

В настоящее время одним из способов повышения устойчивого развития промышленного предприятия является оценка потенциальных рисков. В связи с этим менеджмент риска внедряется повсеместно, в том числе и в деятельность метрологических служб. Очевидно, что данная система управления рисками и возможностями направлена на предотвращение работ, выполняемых с нарушением установленных требований по обеспечению единства измерений в утвержденной области аккредитации. Однако, как легко можно понять, указанные работы не всегда ярко выражены и легко идентифицируемы. В связи с этим целью настоящей работы является определение и анализ типовых рисков и возможностей процесса поверки средств измерений (СИ) в метрологической службе предприятия.

Показано, что одной из первых задач, которые необходимо решить при выявлении рисков и возможностей процесса поверки СИ, является определение влияющих факторов среды: внутренних и внешних. Примером одного из внутренних факторов является оснащенность метрологической службы (МС), то есть насколько современные и точные СИ используются на предприятии. Одним из внешних факторов может быть законодательство в области обеспечения единства измерений, то есть весь процесс поверки должен проводиться в заданных условиях, персоналом соответствующей квалификации, а результаты измерений фиксироваться и оформляться в соответствии с нормами и требованиями, указанными в нормативных документах по обеспечению единства измерений.

Далее обнаружено, что актуальным также является определение всех заинтересованных сторон, имеющих отношение к поверочной деятельности метрологической службы. На основе анализа их требований и специфики работы

возможно идентифицировать и оценить большинство типовых рисков и возможностей.

Проведенный анализ влияющих факторов и деятельности заинтересованных сторон позволил составить перечень типовых рисков и возможностей на этапах процесса поверки СИ. Даны соответствующие рекомендации. При этом отдельно следует отметить, что мониторинг рисков и возможностей должен осуществляться ежегодно с целью идентификации всех произошедших изменений. Это позволит выявить новые риски, использовать недоступные ранее возможности, разработать новые мероприятия, оптимизировать существующие виды деятельности и т.п.

1. ГОСТ Р ИСО 31000-2010 «Менеджмент риска. Принципы и руководство»
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2010 «Менеджмент риска. Методы оценки риска»
3. ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий»

ВНЕДРЕНИЕ АДАПТИВНОГО ПОДХОДА К ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТА ПО НАПРАВЛЕНИЮ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В СИСТЕМЕ РОСТЕХНАДЗОРА РОССИИ

Саутиева Ж.М.[1]

[1)] АНО ЦДПО
E-mail: zsautieva@mail.ru

IMPLEMENTATION OF AN ADAPTIVE APPROACH TO THE PREPARATION OF A STUDENT IN THE DIRECTION OF NC IN THE SYSTEM OF ROSTEKHNADZOR OF RUSSIA

Sautieva Z.M.[1]

[1)] ANO CDPO

Non-destructive testing is one of the promising areas in Russia. Based on the analysis and statistical data, a project was developed to introduce an adaptive system of training students in the direction of NT, allowing graduates to acquire the necessary work experience and employment opportunities.

Целью проекта является внедрение адаптивного подхода к подготовке студентов кафедры «Физических методов и приборов контроля качеств» к трудовой деятельности по данной специфики.

Задачи необходимые для достижения поставленной цели:

1. Определить Независимую организацию, аккредитованную в требуемой области. Согласовать сотрудничество.

2. Организовать работу по проведению специальной подготовке студентов (определить место проведения лекционных и практических занятий, материально-технические ресурсы и прочее).

3. Согласовать сроки проведения работ.

4. Провести курс специальную подготовку, силами Независимой организации.

5. По окончанию курса студент получает свидетельство установленного образца о пройденной подготовке на соответствующий метод НК.

Не является секретом то, что студент, после выхода из стен учебного заведения с достойными отметками, отличной характеристикой и позитивным настроем не может найти себе применения по направлению своей специальности. Выпускники вынуждены работать по другим направлениям деятельности, так как по их специальности не хватает квалификации и стажа.

Внедрения адаптивной подхода к подготовки специалистов в области неразрушающего контроля» позволит студентам «открыть дверь» в трудовую деятельности по выбранной ими профессии. Неразрушающий контроль (НК) имеет широкую области применения, пусть то трубопровод, медицина, авиация, железнодорожная индустрия и прочее. На сегодняшний день, это одна из перспективных специальностей и имеет высокий спрос на Российском и зарубежном рынке. Квалифицированный специалист в области НК считается высокооплачиваемой должностью.

Данная учебная программа предназначена для поддержки студентов в направлении трудовой деятельности своей специализации.

1. ПБ 03-440-02

2. ФНП в области промышленной безопасности «Основные требования к проведению неразрушающего контроля технических устройств, зданий и сооружений на ОПО» от 21.11.2016 № 490

3. ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 № 116-ФЗ.

PRACTICAL IMPLEMENTATION OF SOCIAL TECHNOLOGIES IN TRAINING

Shalina D.S.[1], Stepanova N.R.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin
E-mail: d.shalina2011@yandex.ru

The article presents a variant of the implementation of a social project on the development of drawing skills on topics. Young people can go through rapid training using modern technology, and master basic drawing skills. Study is carried out online, using Internet resources.

The project is aimed at a youth audience of teenagers 9-11 class. They need to have certain drawing skills in their future profession. However, our audience does not know how to do this at the moment.

The relevance of the project is to learn the elements of drawing from experts. These experts work in different fields and professions where you need to have drawing skills. After completing a course of several basic classes, you can get the prerequisites for professional orientation in creative professions, which are not possible without drawing elements.

The relevance of the project for the development of project training and development goals of the circle movement is that:

- each lesson is conducted by a specialist in the field of professional activity;
- experts convey not only knowledge and skills, but also share in interviews with the host real cases and life situations in their profession;
- a free style of study is used along with an accumulation of video tutorials for future use.

It is supposed to be an online course using Internet resources. The duration of the program is 8 weeks (1 lesson per week). The result is acquired drawing skills.

The problem that the project solves is that sometimes some young people in the process of acquiring practical experience in their specialty need practical drawing skills. And it is desirable to get them in a short time. Our project can help in this.

Product result is that the best result is in the representation of the profession and in the acquired drawing skills, thanks to step-by-step instructions from experts on the types of drawings through viewing videos (in the proposed videos, specific lessons on different types of drawings are explained simply and clearly).

Simply and clearly, watching the video and repeating the invited expert, you can master any kind of drawing. That in the video clearly demonstrates the host, who works as a designer, but cannot draw. And also learn a lot of useful and interesting information.

The main stakeholder is the Ural Federal University (UrFU), the boiling Point of the ASI (Agency for strategic initiatives), including the University (on Lenin, 66).

If the project is placed on an Open education platform, then everyone can study online. Then the stakeholders can also be orphanages, clubs responsible mothers with children and parents.

As a result of the project, educational and practical materials will be accumulated, consisting of a series of different videos on different topics. They can help you learn how to draw comprehensively, as well as locally for a specific task.

The test will be the feedback in the chat on the scans of drawings of project participants in the open access, on the platform of BEHANCE designers, where everyone can put likes or dislikes, as well as leave comments.

Educational results – drawings, subject knowledge and skills on topics:

- sketch the liner and tempray;
- portrait with colored pencils;
- sketch poses from nature;
- and other.

1. Ekaterina Kubina, Natalia Stepanova, Viola Larionova and Yury Davy. First Experience in Game Design for Students: Case Study // The Proceedings of the 13th International Conference on Game Based Learning (ECGBL 2019). Hosted By University of Southern Denmark. Odense, Denmark. 3-4 October 2019. Pp. 414-422. DOI: 10.34190/GBL.19.029

ПРОБЛЕМЫ УЗНАВАЕМОСТИ ОБЩЕИЗВЕСТНЫХ ТОВАРНЫХ ЗНАКОВ

Солодникова Я.А.[1]

[1)] ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: ysolodnikova@gmail.com

RECOGNITION PROBLEMS OF WELL-KNOWN TRADEMARKS

Solodnikova Y.A.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first president of the Russian Federation B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

This article discusses the problems of recognition of well-known trademarks. A recognition study of some well-known trademarks has been conducted. The authors conclude that it is necessary to change the regulatory framework in the field of well-known trademarks and proposes to improve it.

Средства индивидуализации призваны отличить товары или услуги, от однородных им, а также различать и выделять производителей среди конкурентов. К средствам индивидуализации относятся: товарные знаки (знаки обслуживания), наименования места происхождения товаров, фирменные наименования и коммерческие обозначения.

Зачастую правообладателям широко известных товарных знаков приходится доказывать статус общеизвестности своего товарного знака в Суде по интеллектуальным правам (СИП), оспаривая решения Роспатента в отказе.

При этом, изучение Реестра показывает, что широкая известность в Российской Федерации некоторых из размещенных в нем общеизвестных товарных знаков вызывает сомнения.

Для проверки узнаваемости некоторых общеизвестных знаков были проведены исследования. Результаты опроса подтвердили, что знаки, вызывающие у нас сомнения так же неизвестно и большинству участников опроса.

В Рекомендациях по проведению опроса потребителей предписывается проводить опрос минимум в шести населенных пунктах России, среди которых обязательны Москва и Санкт-Петербург, а остальные населенные пункты определяются заявителем. Думается, что методика организации опроса потребителей, существующая в настоящее время, и приводит к «искаженной картине» и регистрации в качестве общеизвестных знаков, широкая известность которых сомнительна.

Считаем целесообразным откорректировать Рекомендации по проведению опроса потребителей таким образом, чтобы повысить репрезентативность выборки населенных пунктов для проведения в них опросов потребителей. Это позволит снизить степень субъективизма в принятии решений, приводящую к попаданию в Реестр общеизвестных товарных знаков знаков сомнительной известности.

Наше предложение заключается в следующем. В России восемь Федеральных округов: Центральный, Северо-Западный, Южный, Северо-Кавказский, Приволжский, Уральский, Сибирский, Дальневосточный. Предлагается обеспечить участие в опросе потребителей по одному населенному пункту от каждого Федерального округа плюс Москва и Санкт-Петербург. В каждом Федеральном округе формируется база населенных пунктов в количестве 20–25 для последующего случайного выбора по жребию одного населенного пункта.

1. Роспатент. Годовые отчеты. [Электронный ресурс] : URL: https://rupto.ru/ru/about/reports

2. Гражданский кодекс Российской Федерации. Часть четвертая: Федеральный закон от 18.12.2006 № 230-ФЗ [Электронный ресурс]. - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64629/

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАЩЕНИЯ С ЯДЕРНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ НА АЭС

Татолина А.И.[1], Степанов Б.П.[1]

[1)] Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: nmeynn@gmail.com

DEVELOPMENT OF A VIRTUAL MODEL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES FOR HANDLING NUCLEAR MATERIALS AT NUCLEAR POWER PLANTS

Tatolina A.I.[1], Stepanov B.P.[1]

[1)] National Research Tomsk Polytechnic University

On the basis of the trend on the international projects in this industry, it is important to learn on the practice technological processes for handling nuclear materials and got the practical skills of interaction with the nuclear facilities else at the stage of obtaining professional education.

В настоящее время цифровизация, и, в частности, технологии, создающие ощущение присутствия, повсеместно внедряются во все промышленные и научные отрасли. Виртуальная реальность используется как для того, чтобы показать основные принципы и технологии, благодаря которым осуществим ядерно-топливный цикл, так и для обучения и переподготовки квалифицированных специалистов.

Под термином «виртуальная АЭС» в данной работе подразумевается создание модели атомной станции, которая повторяла бы с некоторой долей упрощения определенные характеристики используемого на станциях оборудования, позволяла моделировать объекты с различными начальными условиями эксплуатации, а также позволяла корректировать и изменять режимы работы, вносить коррективы в процесс обращения с топливом и проводить анализ эффективности выполнения тех или иных сценариев на объекте.

Такую виртуальную модель в дальнейшем можно использовать, например, для обучения в университетах на специальностях, связанных с ядерно-топливным циклом и обеспечением безопасности ядерных объектов и материалов на нем. Подобная практика обеспечивала бы наглядное начальное знакомство обучающихся с основами и принципами работы АЭС. Также, поскольку в атомной отрасли широко распространена практика выполнения международных контрактов, подобные «тренажеры» могли бы помочь в понимании сходств и различий конструкционных особенностей АЭС, выполненным по различным технологическим проектам.

Данная работа посвящена созданию в Томском политехническом университете виртуальной учебной среды, в которой были бы реализованы технологические процессы как АЭС, так и других объектов использования атомной энергии,

технические и организационные системы для обеспечения функционирования и безопасности на этих объектах, а также алгоритмы, позволяющие смоделировать сценарии вероятных несанкционированных действий на этих объектах.

1. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014. – 606 с.
2. Ядерный топливный цикл и режим нераспространения: учебное пособие / В.И. Бойко, Д.Г. Демянюк, Д.С. Исаченко. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009.
3. Технология производства и радиохимической переработки ядерного топлива : учебное пособие / А. А. Копырин, А. И. Карелин, В. А. Карелин. – М: Атомэнергоиздат, 2006. – 573 с.: ил.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО РЫНКА ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОКОЛЕНИЙ Y И Z

Ведерников Б.Б.[1], Эбенезер Агбозо[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: vedernikov12@yandex.ru

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE GLOBAL MARKET UNDER THE INFLUENCE OF GENERATIONS Y AND Z

Vedernikov B.B.[1], Ebenezer Agbozo[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This article is devoted to the analysis of the world market, trends in 2020. The influence of generations on the development of the market of marketing, banks, IT services is considered. Potential business segments for investing and choosing company development strategies.

Поколение Y или «миллениалов» отсчитывают с 1981 года. Эти люди стали совершеннолетними после 2000 года и, хотя детство они провели без гаджетов и соцсетей успели глубоко вовлечься в использование цифровых технологий во время становления интернета.

«Центениалы» – представители поколения Z – сильно отличаются от поколения Y: с младенчества они живут в мире доступных смартфонов, планшетов, быстрого интернета и всего, что он может предложить. Точкой отсчёта для этого поколения можно назвать 1995 год, так что старшим центениалам сегодня уже 24. Но важно знать, что у социологов нет одного мнения об их возрасте. Из-за разной скорости развития технологий в разных странах граница колеблется в пределах 1991–2001 гг.

По данным медиакомпании Bloomberg, представители поколения Z составляют 32% мирового населения. Мировая демография такова, что это уже сейчас ненамного больше доли поколения Y (31,5%). При этом, по запасу

платёжеспособности центениалы сильно впереди – они тратят больше и становятся нужными брендам. Это приводит к тому, что компании вынуждены учитывать запросы поколения двадцатилетних, их вкусы и предпочтения к контенту.

Их вкусы и предпочтения продиктованы глобализацией и толерантностью. Интернет для них – повседневность, сообщества в онлайн и офлайн сливаются, а в сети разворачивается столько диалогов и чатов, что посчитать их становится просто непосильной задачей.

Если миллениалы озабочены личным счастьем и удовлетворением собственных желаний, центениалы считают себя ответственными гражданами Земли, частью планетарной экосистемы, чувствуют ответственность за её развитие и реально влияют на мир. В данных Ernst&Young отмечены несколько примеров поведения:

- дочь запрещает родителям покупать пластиковые бутылки с водой после того, как узнаёт о вреде пластика для экологии;
- подростки объясняют родителям, как сократить загрязнение и расход топлива, если больше ходить или ездить на велосипеде;
- девочки 9–10 лет вместо подарков на день рождения просят друзей перечислять любые суммы хосписам или организациям, поддерживающим безнадежно больных детей.

Всё это не про Грету Тунберг, но подростки, быстро познающие мир через интернет, реально влияют на мир. 90% родителей центениалов считаются с мнением детей при планировании покупки, особенно, если это – новый телевизор или смартфон. При том, что большая часть миллениалов не готова платить больше лишь за социальную ответственность компаний и старается оправдать высокую цену лучшим качеством или премиальностью бренда, представители поколения Z ждут реальных действий.

1. Статья Pew Research Center, Survey “Teens, Social Media & Technology 2018” [Электронный ресурс]: Ресурс доступа: https://www.pewresearch.org/internet/2018/05/31/teens-social-media-technology-2018/

2. Статья CivicScience “Millenials vs Gen Z”, 2016 [Электронный ресурс]: Ресурс доступа: https://civicscience.com/reports/generational-divide-generation-z-vs-millennials/

3. Upfront Analytics, Marketing to Generation Z Teenagers ,2015 [Электронный ресурс]: Ресурс доступа: https://gettinggenz.com/2015/12/03/how-to-market-to-a-gen-z-teenager-infographic-by-upfront-analytics/

4. The Cassandra report, Gen Z-focused issue, 2017 [Электронный ресурс]: Ресурс доступа: https://cassandra.co/2017/the-gen-z-effect/gen-z-effect

5. Accenture, Global consumer shopping survey, 2017 [Электронный ресурс]: Ресурс доступа: https://www.accenture.com/t20170210t012359__w__/us-en/_acnmedia/pdf-44/accenture-retail-customer-journey-research-2017-infographic.pdf

ФТИ-2020

Научное издание

ФИЗИКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ
ФТИ-2020

VII Международная молодежная научная конференция, посвященная 100-летию Уральского федерального университета

Екатеринбург, 18-22 мая 2020 г.

Тезисы докладов

Ответственность за правильность, точность и корректность цитирования, ссылок и перевода, достоверность информации и оригинальность представленных материалов несут их авторы.

Печатается в авторской редакции

Компьютерная верстка *А. В. Ищенко*

Подписано к использованию 15.05.2020.
Уч.-изд. л. 54,4
Тираж 500 экз. (Первый завод 30 экз.)
Объем 22 Мбайт. Заказ

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»
620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург