Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

ФИЗИКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ
ФТИ-2021

VIII Международная молодежная научная конференция

Екатеринбург, 17-21 мая 2021 г.

Тезисы докладов

Екатеринбург
2021

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

Физика. Технологии. Инновации. ФТИ-2021. [Электронный ресурс]: тезисы докладов VIII Международной молодежной научной конференции, Екатеринбург, 17-21 мая 2021 г. / отв. за вып. А. В. Ищенко. – Екатеринбург: УрФУ, 2021. – 24 Мбайт. 1 электрон. опт диск (CDROM).

ISBN

В сборнике опубцикованы тезисы устных и стендовых докладов, представленных на VIII Международной молодежной научной конференции, Физика. Технологии. Инновации. ФТИ-2021. 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: *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, 2021
©Авторы, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. Ядерные и радиационные технологии 65

RADIATION SHIELDING PROPERTIES OF METHYLCELLULOSE (MC)/GADOLINIUM OXIDE COMPOSITES

Mostafa M.Y.A., Zakaly H.M.H., Fares S., Hemeda O.M., Henaish A. *66*

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ВНЕСЕНИЮ ИЗМЕНЕНИЙ В ОТДЕЛЬНЫЕ НОРМАТИВНЫЕ АКТЫ РФ, РЕГУЛИРУЮЩИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПО ОКОНЧАТЕЛЬНОМУ ЗАХОРОНЕНИЮ РАО

Ананьев И.О., Денисов Е.И. *67*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ ГАММА-ИСТОЧНИКА НА ОСНОВЕ Se-75 РАСЧЁТНЫМ СПОСОБОМ

Аристов Н.М., Ташлыков О.Л. *69*

СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ И ТРАСПОРТНЫХ СВОЙСТВ ЖИДКОГО ЛИТИЯ

Бабаева Ю.А., Новиков Г.Е., Чусов И.А. *71*

О МИНИМИЗАЦИИ КОРРОЗИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ РАБОЧЕГО ТЕЛА В ПАРОГЕНЕРАТОРАХ АЭС РЕАКТОРОМ БН-800

Бельтюков Р.А., Бельтюков А.И., Ташлыков О.Л. *72*

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОРБЕНТОВ ДЛЯ ИОНОСЕЛЕКТИВНОЙ ОЧИСТКИ ЖРО

Бессонов И.А., Чалпанов С.В., Ташлыков О.Л., Морданов С.В., Климова В.А., Хомяков А.П., Лезов А.Д. *74*

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ПДВ РАЗЛИЧНЫХ РАДИОНУКЛИИДОВ ДЛЯ ЗАДАННЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ

Бутыгин В.В., Пышкина М.Д. *76*

UNCERTAINTY-ORIENTED APPROACH FOR NUCLEAR SAFETY ASSESSMENT

Calabourdin A.V., Radchenko R.V. *78*

ПРИВЕДЕНИЕ РАО БАЛАКОВСКОЙ АЭС К КРИТЕРИЯМ ПРИЕМЛЕМОСТИ ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ

Чечнев И.В., Воронина А.В. *79*

POST-EVALUATION AND ESTIMATE OF RADIOACTIVE WASTE FORMATION DURING NORMAL OPERATION OF RUSSIAN NUCLEAR POWER PLANTS

Desyatov D.D., Terentiev D.A., Ekidin A.A., Antonov K.L. *81*

RADIUM MEASUREMENTS IN GROUNDWATER FROM THE CENTRAL REGION OF SAUDI ARABIA USING GAMMA SPECTROMETRY PRECEDED BY ION EXCHANGE
Zakaly H.M.H., Hamdy A.M.A., El-Taher A. 82

DISTRIBUTION OF RADIOELEMENTS IN THE DIFFERENT ROCKS AROUND UM SALATIT MOUNTAIN AREA, EASTERN DESERT, EGYPT
Ghoneim M., Saleh G.M., Dawoud M^2, Azab M.S., Mohamed M.A., Hanfi M.Y. 83

ТОРИЕВЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ
Гоглачев А.В., Вотчал К.А. 84

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТА ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В НЕОДНОРОДНЫХ РАДИАЦИОННЫХ ПОЛЯХ С ПОСЕЩЕНИЕМ ЗАДАННЫХ ТОЧЕК
Григорьев А.М., Ташлыков О.Л., Кропачев Ю.А. 85

RADIATION RISKS EVALUATION FROM PHOSPHATE ROCKS, SIBAIYA REGION, CENTRAL EASTERN DESERT, EGYPT
Hanfi M.Y., Gaafar I., El-Ahll L.S., Zeidan I. 87

УГЛЕРОД-14 В ВЫБРОСАХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ИВВ-2М
Кабак В.Ю., Екидин А.А., Назаров Е.И. 88

ТРИТИЙ В ВЫБРОСАХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА
Кадочникова Е.Р., Екидин А.А., Назаров Е.И. 89

О МЕХАНИЗМАХ РЕАЛИЗАЦИИ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ
Кащенко Н.М., Кащенко М.П. 91

Cs-137 ACTIVITY IN FLY ASH FROM THERMAL ELECTRIC POWER STATIONS
Ahmed I.K., Khalaf H.N.B., Mostafa Y.A.M. 93

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕАКТОРА ВВЭР-1200 ПРИ ПОМОЩИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
Костарев В.С., Ширманов И.А., Литвинов Д.Н., Щеклеин С.Е. 94

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НУКЛИДНОГО СОСТАВА ПЛУТОНИЯ ПРИ МНОГОКРАТНОМ РЕЦИКЛИРОВАНИИ МОКС-ТОПЛИВА В ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЕ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
Косякин Д. А., Стогов В. Ю., Коробейников В. В. 95

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ УНИФИКАЦИИ МЕТОДОВ ХРАНЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ДАННЫХ

Купин А.А., Куприянов В.М. *97*

РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С РАСПЛАВЛЕННО-СОЛЕВЫМИ ТОПЛИВНЫМИ КОМПОЗИЦИЯМИ В ПЕТЛЕ РЕАКТОРА МБИР

Кузенкова Д.С., Бландинский В.Ю. *99*

СПОСОБЫ УЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭКВИВАЛЕНТОВ ДОЗ ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ДОЗИМЕТРАМИ

Латыпов А. А., Абашев Р. М., Моисейкин Е. В., Сюрдо А. И., Туйков А. С. *100*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ НА ПХРО СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ФИЛИАЛА УТО ФГУП "РОСРАО"

Лебединец А.Н., Недобух Т.А. *102*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ КОНДИЦИОНИРОВАННЫХ ЖИДКИХ ОТХОДОВ

Литовченко В.Ю., Васютин Н.А., Ташлыков О.Л., Козлов А.В., Селезнев Е.Н. *104*

РАЗРЯДКА ОТРАБОТАВШИХ ЗАКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ФГУП «ФЭО»

Манзон Р.К. *106*

ВОЗМОЖНОСТЬ ТРАСМУТАЦИИ МИНОРНЫХ АКТИНИДОВ В УРАН-ТОРИЕВОМ ТОПЛИВНОМ ЦИКЛЕ

Михалев А.В., Коробейников В.В., Колесов В.В. *107*

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС НА БАЗЕ КАМЕР ПЛАЗМЕННОГО ФОКУСА

Михайлов Ю.В., Прокуратов И.А., Лемешко Б.Д., Дулатов А.К., Кадыргулов А.А. *109*

УГЛЕРОД-14 В ГОДИЧНЫХ КОЛЬЦАХ ДЕРЕЬВЕВ В ОКРЕСТНОСТИ "ИНСТИТУТА РЕАКТОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ" Г. ЗАРЕЧНЫЙ

Назаров Е. И. *110*

ПОСТУПЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНОГО ЙОДА В АТМОСФЕРУ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС

Назарович А.В., Екидин А.А., Антонов К.Л. *112*

ПЕРЕРАБОТКА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ ДЕЗАКТИВАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ДРОБЕМЕТНОЙ УСТАНОВКИ

Немкин А.А., Семенищев В.С. *114*

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ПРОБ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДНОГО СОСТАВА

Никитенко Е.И., Кружалов А.В. 115

THE ROLE OF Er_2O_3 IN THE TeO_2-ZnO GLASS SYSTEM: MECHANICAL AND GAMMA-RAY SHIELDING CHARACTERISTICS

Hanfi M.Y., Nazrin S.N., Halimah M.K., Mahmoud K. 117

ДОЗИМЕТРИЯ СЛАБОПРОНИКАЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ АО "ИРМ"

Полозов К.В., Пышкина М.Д., Екидин А.А. 118

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАССЕЯНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ПРИМЕСЕЙ В АТМОСФЕРЕ

Пыхов О.А., Екидин А.А., Пышкина М.Д. 120

ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ДОЗИМЕТРИЯ НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ РЕАКТОРЕ

Пышкина М.Д. 122

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫГОРАНИЯ NpN И PuO_2 ТОПЛИВНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНЦЕПЦИЯХ ИМПУЛЬСНОГО РЕАКТОРА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ИБР-3 И ИБР-4

Ротман Д.Н., Пепелышев Ю.Н., Рогов А.Д. 124

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ

Шаматов Р.Р., Воронина А.В. 126

РАДИАЦИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Шаповаленко Г.Д., Екидин А.А., Кружалов А.В., Ситников А.Е. 127

RADON CONCENTRATION AND RADON EXHALATION RATE FOR GRANITE ROCKS, CENTRAL EASTERN DESERT, EGYPT

Zakaly H.M.H., Sidique E., Salaheldin G., El-Haddad M., Awad H.A.M., El-Taher A. 129

ПОЛЯРИЗАЦИЯ ТВЕРДЫХ И ЖИДКИХ КАТОДОВ В УРАНСОДЕРЖИЩИХ ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВАХ

Солдатова М.Н., Волкович В.А. 130

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТВЕРЖДЕНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Сурганов О.А. 132

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСОВ ДИСТАНЦИОННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Терентьев Д.А., Екидин А.А., Десятов Д.Д. *134*

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВ

Ткаченко А.С., Воронина А.В. *136*

КОЭФФИЦИЕНТЫ РАВНОВЕСИЯ МЕЖДУ ТЕХНОГЕННЫМИ РАДИОАКТИВНЫМИ ИНЕРТНЫМИ ГАЗАМИ И ИХ ДОЧЕРНИМИ ПРОДУКТАМИ РАСПАДА В АТМОСФЕРЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО Р

Васянович М. Е. *138*

ОБЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ С ЛИТИЙСОДЕРЖАЩИМИ КЕРАМИКАМИ И БЕРИЛЛИЙСОДЕРЖАЩИМИ СПЛАВАМИ В РЕАКТОРЕ ИВВ-2М ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КИНЕТИКИ ВЫХОДА ТРИТИЯ

Васютин Н.А., Аристов Н.М., Литовченко В.Ю., Ташлыков О.Л. *140*

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ВЫГОРАЮЩЕГО ПОГЛОТИТЕЛЯ В ТВС РЕАКТОРА ВВЭР-1200

Внуков Р.А., Колесов В.В., Котов Я.А., Жаворонкова И.А. *142*

ASSESSMENT OF ALPHA RADIOACTIVITY IN SOME ANIMAL BONES SAMPLES WITH TWO SSNTDS (CR-39 AND CN-85)

Farhan K.N., Hanfi M.Y., Ayad K.Y., Khalaf H., Mostafa Y.A.M. *145*

INTERNAL ORGANS DOSIMETRY OF ^{89}Zr IN MICE UTILIZING BIODISTRIBUTION OF ^{89}Zr-DFO-TRASTUZUMAB, Zr-OXALATE AND Zr-CHLORIDE: PROMISING BIOKINETIC MODEL

Zakaly H.M.H., Mostafa M.Y.A., Dzholumbetov S., Zhukovsky M. *146*

ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРОВ НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА АЭС С ВВЭР

Журина В.Н., Пышкина М.Д., Екидин А.А. *147*

Секция 2. Физика конденсированного состояния 149

EFFECT METALORGANIC FRAMEWORK ON THE ELECTROCHEMICAL PERFORMANCE OF $LiCoPO_4$

Aboraia A. M., Shapovalov V. V., Guda A. A, Butova V. V, Soldatov A. V *150*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДИФФУЗИИ В КАТИОН-ДЕФИЦИТНОМ АНТИФЕРРОМАГНИТНОМ СОЕДИНЕНИИ Fe_6TiS_8

Акрамов Д.Ф., Мозговых С.Н., Селезнева Н.В., Шишкин Д.А., Баранов Н.В. *151*

ИССЛЕДОВАНИЕ 3D-КИНЕТИКИ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПРИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИИ ПОЛЯРИЗАЦИИ В МОНОКРИСТАЛЛАХ SBN С ПОМОЩЬЮ МИКРОСКОПИИ ГЕНЕРАЦИИ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ

Аникин В. А., Шихова В. А., Небогатиков М. С., Ивлева Л. И., Шур В. Я. *153*

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА EDAC ДЛЯ РАСЧЕТА ФОТОЭЛЕКТРОННОЙ ДИФРАКЦИИ В MATLAB

Архандеев И.А., Огородников И.И., Яшина Л.В., Кузнецов М.В., Кузнецова Т.В. *155*

SHAPE ANISOTROPY CONTRIBUTION TO THE MAGNETIC AND MAGNITOCALORIC PROPERTIES OF Gd MELT-SPUN RIBBONS

Arkhipov A. V., Neznakhin D. S., Andreev S. V., Kurlyandskaya G. V., Svalov A. V. *157*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАЗМЕННОГО ОСАЖДЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДАМИ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

Арсланов К.П., Бунтов Е.А., Зацепин А.Ф., Вагапов А.Ш. *159*

PROBING OPTICAL PROPERTIES OF CORRELATED CARBON DEFECTS IN HEXAGONAL-BN BY QUANTUM EMBEDDING APPROACH

Badrtdinov D.I., Hampel A., Rösner M., Dreyer C.E. *160*

CAUSTIC OF MAGNETOELASTIC WAVES IN A THICK YIG FILM

Bakharev S. M., Borich M. A., Savchenko S. P. *162*

PROCESSES OF EVOLUTION OF RADIATION DEFECTS IN SOLIDS BY THE USAGE OF CELLULAR AUTOMATA

Baratova A.A. *163*

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ $TbFe_2MnX$ ($0 \le X \le 0.4$)

Барташевич А. М., Герасимов Е. Г., Терентьев П. Б., Инишев А. А., Гавико В. С., Мушников Н. В. *165*

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Басырова С.И., Галиханов М.Ф., Галеева Л.Р., Казаков Я.В., Плахин В.А., Севастьянова Ю.В. *166*

ЛОКАЛЬНАЯ МАГНИТНАЯ АНИЗОТРОПИЯ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ СПЛАВА $Fe_{73.5}Nb_3Cu_1Si_{13.5}B_9$

Болячкина Е. А., Катаев В. А. *167*

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН ЯН-ТЕЛЛЕРОВСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ В КРИСТАЛЛЕ CaF_2:Cr

Бондаревская А.С., Сарычев М.Н., Жевстовских И.В., Уланов В.А., Шакуров Г.С., Егранов А.В., Суриков В.Т., Аверкиев Н.С., Гудков В.В. *170*

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА БЫСТРОЗАКАЛЕННЫХ МАГНИТОМЯГКИХ СПЛАВОВ ПОСЛЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В АТМОСФЕРЕ АЗОТА

Бородихин А.Ю., Незнахин Д.С., Фещенко А.А., Степанова Е.А. *172*

ВЛИЯНИЕ НЕИЗОЭЛЕКТРОННОСТИ КОМПОНЕНТОВ НА ЗАВИСИМОСТЬ ОСТАТОЧНОГО ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ БИНАРНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ ОТ СОСТАВА

Бородин К. И., Волков В. А. *174*

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

Boroznin S. V., Zaporotskova I. V., Boroznina N. P., Zvonareva D. A. *175*

ПРИПОВЕРХНОСТНЫЕ ЦЕНТРЫ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ДИОКСИДЕ ТИТАНА

Ботов М. А., Кузнецов А. Ю., Соболев А. Б. *177*

АНАЛИЗ КИНЕТИКИ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ АНИОН-ДЕФЕКТНЫХ КРИСТАЛЛОВ α-Al_2O_3 В ТЕМПЕРАТУРНОМ ДИАПАЗОНЕ ОТ -40 ДО 300 °C

Бояринцев А.И., Абашев Р.М. *178*

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПАРОГАЗОВОЙ СРЕДЫ НА ТВЕРДОСТЬ И СКОРОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ TiN-ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ АНОДНОГО ИСПАРЕНИЯ ТИТАНА В СИЛЬНОТОЧНОМ ДУГОВОМ РАЗРЯДЕ

Брюханова Ю.А., Меньшаков А.И. *180*

НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ФЛУКТУАЦИИ ПРИ ВСКИПАНИИ СТРУЙ ПЕРЕГРЕТЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Бусов К. А. *181*

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ЗАКРЕПЛЯЮЩЕГО СЛОЯ НА ОБМЕННОЕ СМЕЩЕНИЕ В ПЛЁНКАХ ТИПА FeNi/FeMn/FeNi

Быкова А.А., Горьковенко А.Н., Кулеш Н.А., В.О. Васьковский *183*

DESIGN OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON AMORPHOUS RIBBONS WITH TAILORED ANISOTROPY

Chlenova A. A., Timofeeva A. V., Lukshina V. A., Kurlyandskaya G. V. *185*

X-RAY PHOTOELECTRON SPECTRA OF AG-AU COLLOIDAL NANOPARTICLES AFTER INTERACTION WITH LINEAR CARBON CHAINS

Zhidkov I.S., Losev T.S., Kurmaev E.Z., Cholakh S.O., D'Urso L. *186*

МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ АМОРФНОЙ КОМПОНЕНТЫ ПО УРОВНЮ ФОНА РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКТОГРАММЫ ЦИРКОНИЙ СОДЕРЖАЩИХ ХЛОРАЛЮМИНАТОВ

Чукина А. А., Денисова О. В. *187*

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ, ДОПИРОВАННОЙ ИТТРИЕМ

Чуркин В.Ю., Панков В.А., Звонарев С.В. *189*

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ АРГОНА НА МОРФОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТИ ТОНКИХ ПЛЕНОК INGAASP/SI, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО НАПЫЛЕНИЯ

Девицкий О.В., Никулин Д.А. *190*

ВОЗДЕЙСТВИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПОЗОНА НА ПЛЕНКИ ФУЛЛЕРЕНА C_{60} В РАЗЛИЧНЫХ РАСТВОРИТЕЛЯХ

Дмитриев А.И., Падалинский М.М., Карпенко Н.И. *193*

СИНТЕЗ, МОДИФИКАЦИЯ И АТТЕСТАЦИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ДИОКСИДА ТИТАНА ДЛЯ ЕГО ДАЛЬНЕЙШЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В РОЛИ ФОТОСОРБЕНТА ГАЛЛИЯ

Дорошева И.Б., Ремпель А.А. *195*

FAST PREDETERMINED EQUILIBRIUM DYNAMICS APPLIED TO MAGNETIC SYSTEMS

Dubel V. A., Kashin I. V. *197*

СИНТЕЗ ОПТИЧЕСКОЙ НАНОКЕРАМИКИ $MgAl_2O_4$ С ГРАФЕНОВЫМИ КВАНТОВЫМИ ТОЧКАМИ (ГКТ)

Дутов В. А. *198*

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНО КОРОТКИХ ОПТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ В ФОТОННОМ КРИСТАЛЛЕ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Двужилова Ю. В., Двужилов И. С. *200*

СТОЛКНОВЕНИЕ ДВУМЕРНЫХ СВЕТОВЫХ ПУЛЬ В СРЕДЕ ОРИЕНТИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Двужилов И. С., Двужилова Ю. В. *201*

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ НА ГИСТЕРЕЗИСНЫЕ СВОЙСТВА ПЛЁНОК Co-W: ЭКСПЕРИМЕНТ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Фещенко А.А., Кулеш Н. А., Лепаловский В.Н., Горьковенко А.Н., Васьковский В.О. *203*

ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ ОТКЛИК КАПСУЛИРОВАННОГО ПОЛИМЕРОМ НЕМАТИКА С АКСИАЛ-БИПОЛЯРНОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ ДИРЕКТОРА

Фейзер К.А., Крахалев М.Н., Зырянов В.Я. *205*

ТЕРМОИНДУЦИРОВАННАЯ ИОННАЯ ДИФФУЗИЯ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ $MgAl_2O_4$

Гаев С. С., Киряков А. Н., Зацепин А. Ф. *207*

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ И МИНИМИЗАЦИИ ВКЛАДА «ПРОГИБА» КАНТИЛЕВЕРА В ВЕРТИКАЛЬНЫЙ СМПО-СИГНАЛ

Гимадеева Л.В., Аликин Д.О., Анкудинов А.В., Ни Q., Холкин А.Л., Шур В.Я. *209*

АНОМАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ КРИВЫХ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ЗАТУХАНИЯ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КЕРАМИК Al_2O_3-BeO

Горинский П.А., Никифоров С.В., Герасимов М.Ф. *211*

ВТОРАЯ ГАРМОНИКА В СПЕКТРЕ РАССЕЯНИЯ УЛЬТРАКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ НА НАНОСТРУКТУРАХ

Гошев А.А. *213*

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ИСХОДНУЮ ДОМЕННУЮ СТРУКТУРУ В ТАНТАЛАТЕ ЛИТИЯ С ГРАДИЕНТОМ СОСТАВА

Грешняков Е.Д., Пряхина В.И., Лисьих Б.И., Небогатиков М.С., Шур В.Я. *215*

ФАЗОВАЯ И ГРУППОВАЯ СКОРОСТИ ПОЛЯРИТОНОВ В КРИСТАЛЛАХ ВБЛИЗИ ФОНОННОГО РЕЗОНАНСА

Григорян А. А., Яцышен В. В. *217*

НЕЛИНЕЙНЫЙ ЧАСТОТНО-ЗАВИСЫМЫЙ СВЕТОДЕЛИТЕЛЬ В ВИДЕ СВЯЗАННЫХ ВОЛНОВОДОВ

Макаров Д. Н., Гусаревич Е. С. *219*

FERROELECTRIC AND DIELECTRIC PROPERTIES OF STRONTIUM TITANATE DOPED WITH BARIUM

Henaish A.M.A., Mostafa M., Weinstein I.A., Ilyashenko I.N., Hemeda O.M., Salem B.I. *220*

SIGNIFICAN ENHANCEMENT OF OPTICAL PROPERTIES THROUGH METHYLCELLULOSE (MC) / GADOLINIUM OXIDE COMPOSITES

Henaish Ahmed, Zakaly H, O.M. Hemeda, Mostafa M Y A *221*

STABILIZATION ENERGIES OF THE JAHN-TELLER COMPLEXES IN $CaF_2:Cr^{2+}$ CRYSTAL

Sarychev M.N, Hosseny W.A.L., Ulanov V. A., Shakurov G.S, Egranov A. V., Surikov V.T., Zhevstovskikh I.V, Averkiev N.S., Gudkov V.V *223*

CALCULATIONAL TECHNIQUE FOR CARRYING OUT PHASE CLASSIFICATION IN MAGNETIC MATERIALS
I. A. Iakovlev, A. A. Bagrov, A. A. Iliasov, M. I. Katsnelson, V. V. Mazurenko *224*

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ ТИТАНАТА СТРОНЦИЯ
Иевлева Е.В., Коротков Л.Н. *226*

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОПЕРЕНОСА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ЖИДКОСТЯМИ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ НАГРЕВЕ В ШИРОКОМ ИНТЕРВАЛЕ ДАВЛЕНИЙ
Игольников А.А., Рютин С.Б., Ямпольский А.Д., Скрипов П.В. *228*

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ИСТОЧНИКОВ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ КМОП МИКРОСХЕМ
Калашников В. Д., Теплякова А. О., Егоров А. Ю., Уланова А. В., Чепов В. А. *229*

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЗЭ НА МЕХАНИЗМ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ЛИТИЙ-МАГНИЕВОМ ФОСФАТЕ
Калинкин М. О., Акулов Д. А., Келлерман Д. Г., Абашев Р. М., Сюрдо А. И. *232*

ПОЛЕВЫЕ КАТОДЫ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНООБЪЕКТОВ, ДОПИРОВАННЫХ АЗОТОМ
Капустин С. Н. *234*

О ВЛИЯНИИ УГЛЕРОДА НА МАРТЕНСИТНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ В СПЛАВАХ ЖЕЛЕЗА С ПОЗИЦИЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ
Кащенко Н.М., Кащенко М.П., Чащина В.Г. *236*

АЛГОРИТМ ДЛЯ ПОИСКА КВАЗИДВУМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С УСТОЙЧИВЫМ ФЕРРОМАГНЕТИЗМОМ
Кашин И. В. *237*

КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ОБЛУЧЕННЫХ ИОНАМИ Xe С ЭНЕРГИЕЙ 0,23 ГЭВ КРИСТАЛЛОВ MgO
Кенжебекова М. Ж. *239*

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОСТАБИЛЬНОСТИ ОРГАНИЧЕСКИХ ЛЮМИНОФОРОВ В МИКРОРЕЗОНАТОРАХ ИЗ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ
Хариноева Т. А., Мартынов И. Л., Баранова А. А., Вербицкий Е. В., Чистяков А. А. *240*

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СПЕКТРОВ РАССЕЯНИЯ ДВУСПИРАЛЬНОЙ ПРАВОЗАКРУЧЕННОЙ МОЛЕКУЛЫ ДНК
Харламова А. А., Макаров Д. Н. *242*

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МОЛЕКУЛЫ ДНК МЕТОДАМИ КВАЗИКЛАССИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Хасанова А. С., Кашин И. В. *243*

GROWTH AND CHARACTERIZATION OF BiTeX (X=I, Cl) 3D RASHBA MATERIALS

Yu. E. Khatchenko, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, T. V. Kuznetsova *244*

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ АНИЗОТРОПНЫХ МАГНИТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В МЕТАЛЛАХ, НА БАЗЕ ПЕРВОПРИНЦИПНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Кильметов А. Ю., Кашин И. В. *245*

INFLUENCE OF ELECTRON EMISSION ON SPECTROSCOPIC PROPERTIES OF SOME PHOSPHATES WITH Pr^{3+} IMPURITY

Kiselev S. A., Pustovarov V. A., Lukashov A. S. *246*

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ КИСЛОРОДНЫХ ДЕФЕКТОВ В СТРУКТУРАХ НА ОСНОВЕ SiO_2/GeO_2

Кислов А.Н. *248*

ВЛИЯНИЕ ДОПИРОВАНИЯ ТИТАНОМ И ОКСИДОМ ТИТАНА НА СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЯ $Fe_{1.02}Se$

Кислов Е.В., Лучников С.В., Селезнёва Н.В., Баранов Н.В. *250*

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА И МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В Fe_3SeX_Y (X=S, Te)

Ключарев М. Д., Селезнева Н. В., Шишкин Д. А. *252*

СТРУКТУРНЫЕ ИСЛЕДОВАНИЯ ТВЕРДОГО РАСТВОРА $0{,}3K_{0,5}BI_{0,5}TIO_3$ – $0{,}7BaNI_{0,33}Sb_{0,67}O_3$ МЕТОДОМ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Кобяков И. Ю. *253*

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ САПФИРА, ОБЛУЧЕННЫХ ИОННЫМ ПУЧКОМ KR^{19+}

Костылев В. Е., Ананченко Д.В., Никифоров С.В., Карипбаев Ж. Т. *255*

TEMPERATURE BEHAVIOR OF THE ABSORPTION EDGE IN BI-IMPLANTED HONGAN SILICA GLASS

Koubisy M. S. I., Zatsepin A. F., Biryukov D. Yu., Shtang T. V., Mamonov A.P., Gavrilov N. V. *257*

РАССЕЯНИЕ УЛЬТРАКОРОТКИХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА НАНОСИСТЕМАХ С ДЕФЕКТАМИ

Кривополенов Н. В., Макаров Д. Н. *259*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АЛАНИНА С БОРО-КАРБОНО-НИТРИДОВЫМ СЛОЕМ
Кудинова М. С., Борознина Е. В. *260*

HYSTERESIS PROPERTIES AND MAGNETIZATION REVERSAL IN FeMn/FM (FM=Co, Fe, Ni, FeNi) FILMS WITH EXCHANGE BIAS
Kulesh N.A., Pushkarev I.A., Gorkovenko A.N., Moskalev M.E., Vas'kovskiy V.O. *262*

XPS SPECTRA OF $A_3B_2X_9$ LEAD-FREE PEROVSKITES
Zhidkov I.S., Yamilova O.R., Losev T.S., Troshin P.A., Kurmaev E.Z. *263*

ВЛИЯНИЕ ОСВЕЩЕНИЯ НА ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ТОНКИХ ПЛЕНОК CdPbS
Кутявина А.Д., Селянин И.О., Уймин С.Н[1], Маскаева Л.Н. *264*

ВЛИЯНИЕ НЕСТЕХИОМЕТРИИ НА ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ QDS ZNS В ВОДНОМ РАСТВОРЕ
Кузнецова Ю.В., Попов И.Д., Ремпель А.А. *266*

PRESSURE EFFECT ON CRYSTAL STRUCTURE OF BISMUTH TUNGSTATE Bi_2WO_6
Lis O.N., Kichanov S.E., Belozerova N.M., Lukin E.V., Balakumar S., Savenko B.N. *267*

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПОЛИМЕРОВ В ВОДНОЙ СРЕДЕ МЕТОДАМИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ
Логинова А. С. *269*

ПЕРЕХОД МЕТАЛЛ-ДИЭЛЕКТРИК И МАГНИТОПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА В ПЛЕНКАХ МАГНИТНЫХ ОКСИДОВ
Бессонова В.А., Пыжьянов Я.Я., Телегин А.В., Носов А.П., Сухоруков Ю.П. *271*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЗОЛЕЙ
Рафиков Р. Н. *273*

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА И МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ СОЕДИНЕНИЯ $Ho_{0.2}Y_{0.8}(Co_{0.84}Fe_{0.16})_2$
Аникин М.С., Тарасов Е.Н., Рагозина М.В., Незнахин Д.С., Зинин А.В. *275*

КАТОДО- И ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ α-Al_2O_3, ОБЛУЧЕННЫХ ИМПУЛЬСНЫМ ИОННЫМ ПУЧКОМ Fe10+
Рамазанова Г. Р., Ананченко Д. В., Никифоров С. В., Герасимов М. Ф., Ищенко А. В., Даулетбекова А. К., Карипбаев Ж. Т., Ахметова-Әбдік Гүлжанат, Здоровец М. В. *277*

ЯМР И МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ В МОНОНИТРИДЕ ЦЕРИЯ
Садыков А.Ф., Оглобличев В.В., Губкин А.Ф., Ваулин А.А., Потапов А.М. *279*

РАДИАЦИОННОЕ ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЕ В СТЕАТИТОВОЙ КЕРАМИКЕ СНЦ ПРИ ВЫСОКОДОЗНОМ Г-ОБЛУЧЕНИИ

Саидахмедов К.Х., Эсанов.З.У., Нуритдинов И., Мажидов Х.М., Ирисов Ш. *281*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ ДОМЕНОВ В КРИСТАЛЛАХ PMN-PT С ПОМОЩЬЮ ЭФФЕКТА КАНАЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ

Р.Ф. Сайфетдинов, Д.С. Чезганов, А.С. Нураева, М.Н. Лысаков, Е.А. Пашнина, Э.А. Линкер, В.Я. Шур *283*

ОСОБЕННОСТИ АНИЗОТРОПИИ СПЕКТРА МАГНИТОУПРУГИХ ВОЛН В ГАЛФЕНОЛЕ

Савченко С.П., Бахарев С.М., Борич М.А. *285*

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ В ПРОЦЕССАХ ТУШЕНИЯ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК InP/ZnS

Савченко С. С., Вохминцев А. С., Вайнштейн И. А. *287*

ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕРЛИТА И ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА И ОСТАТОЧНЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ЭВТЕКТОИДНОЙ СТАЛИ

Щапова Е.А., Сташков А.Н., Афанасьев С.В., Ничипурук А.П. *288*

МЕХАНИЗМ ДИФФУЗИИ КАТИОНОВ В ОБЪЁМЕ НАНОКРИСТАЛЛОВ ThO_2. МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Сеитов Д.Д., Пицхелаури С.С., Некрасов К.А., Боярченков А.С., Купряжкин А.Я. *290*

SUBSTITUTION OF Co ON THE CRYSTAL STRUCTURE IN THE $LiNi_{1-X}Co_XPO_4$ SYSTEM

Semkin M. A., Rajesh Kumar M., Urusova N. V., Pirogov A. N. *292*

ВЛИЯНИЕ ФОТОННОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ ПЛЕНОК ОКСИДА НИОБИЯ

Сериков Д. В., Габриельс К. С., Дыбов В. А., Макагонов В. А., Половинкин А. А. *294*

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ДИОКСИДА ГАФНИЯ ПРИ МЕЖЗОННОМ ВОЗБУЖДЕНИИ

Шилов А.О., Савченко С.С., Вохминцев А.С., Силенкова Е.А., Вайнштейн И.А. *296*

CATHODOLUMINESCENCE AND THERMOLUMINESCENCE OF LiF:Fe CRYSTALS

Shyngaliyeva U. N. *297*

ОПТИЧЕСКИ СТИМУЛИРОВАННОЕ ВЫСВЕЧИВАНИЕ ЦЕНТРОВ ЗАХВАТА В ГЕКСАГОНАЛЬНОМ НИТРИДЕ БОРА

Силенкова Е.А., Вохминцев А.С., Вайнштейн И.А. *298*

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВОДОРОДА В КОМПЛЕКСНОМ ГИДРИДЕ $LiBH_4 \cdot NH_3$ МЕТОДОМ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

Скорюнов Р. В., Бабанова О. А., Солонинин А. В., Скрипов А. В., Гриндерслев Якоб, Йенсен Торбен Рене *300*

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В НЕСТАБИЛИЗИРОВАННОМ ZrO_2

Стогней О. В., Смирнов А. Н. *302*

СПЕКТРОСКОПИЯ ЯМР/ЯКР $^{63,65}Cu$ МУЛЬТИФЕРРОИКА CuO

Смольников А.Г., Садыков А.Ф., Оглобличев В.В., Геращенко А.П., Гермов А.Ю., Тропин Е.С. *304*

СВЕРХТОНКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В БОРАТЕ ЖЕЛЕЗА $FeBO_3$

Снегирев Н. И., Любутин И. С., Старчиков С. С., Чуев М. А., Смирнова Е. С., Киямов А. Г., Ягупов С. В., Стругацкий М. Б., Алексеева О. А. *306*

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОФИЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА С ПОМОЩЬЮ ПРОВОЛОЧНОГО ДЕТЕКТОРА

Бригинец С. А., Гусаревич Е. С. *308*

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТА Rb_2ZnCl_4 - Al_2O_3

Стекленева Л.С., Коротков Л.Н. *309*

ВЛИЯНИЕ НИКЕЛЯ НА МАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ В ЗОНЕ РЭЛЕЯ

Степанова К.А., Катаев В.А. *311*

ЭНЕРГИИ ОБРАЗОВАНИЯ ТОЧЕЧНЫХ ДЕФЕКТОВ В ГРАНИЦАХ ЗЕРЕН ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ВОЛЬФРАМА

Ступак М. Е., Уразалиев М. Г., Попов В. В. *313*

ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НАНОТУБУЛЯРНОГО ДИОКСИДА ТИТАНА В ВОДОРОДЕ НА ЕГО СТРУКТУРУ И МОРФОЛОГИЮ

Сушникова А.А., Дорошева И.Б., Валеева А.А., Ремпель А.А. *315*

ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ ФРУСТРИРОВАННЫХ МАГНЕТИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕЙТРОННОЙ И СИНХРОТРОННОЙ ДИФРАКЦИИ

Суслопарова А.Е., Помякушин В.Ю., Курбаков А.И. *317*

ИЗМЕНЕНИЕ МАГНИТНОЙ ЭНТРОПИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ НАНОСИСТЕМ, ПЕРЕДАЮЩИХ И ЛОГИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ ЗА СЧЁТ СПИНОВЫХ СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ АТОМОВ

Сырников Е. В., Кашин И. В. *319*

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА РАДИОПОГЛОЩАЮЩЕГО МАТЕРИАЛА С РЕЗИСТИВНЫМ ПОКРЫТИЕМ $(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_X(SiO_2)_{100-X}$

Тарасова О. С., Ситников А. В., Клапанов А. В. *321*

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ТСЛ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЩЕЛОЧНО-ГАЛОИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ

Таврунов Д.А., Мамонов А.А., Райков Д.В., Огородников И.Н. *323*

ИССЛЕДОВАНИЕ СХОДИМОСТИ ГРАДИЕНТНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ НЕОДНОРОДНОГО ДВУМЕРНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ГАЗА

Теребиж А. А. *325*

ГРАНИЧНЫЙ ИНТЕГРАЛ ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПРИ НАЛИЧИИ КОВЕКЦИИ

Титова Е.А. *327*

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МАГНИТНОГО ПОРЯДКА В ВЫСОКОИНТЕРКАЛИРОВАННЫХ СОЕДИНЕНИЯХ Cr_XNbCh_2 (Ch = Se, Te)

Топорова Н. М., Дорошенко Н. С., Шерокалова Е. М., Баранов Н. В. *328*

THE SHAPE OF DENDRITIC TIPS

Toropova L.V. *330*

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ИЗИНГА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Цуварев Е. С., Кассан-Оглы Ф. А. *331*

ПРОСТЫЕ ВЫРАЖЕНИЯ ДЛЯ КВАНТОВОЙ ЗАПУТАННОСТИ СВЯЗАННЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ

Цыкарева Ю. В., Макаров Д. Н. *333*

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ РАСТВОРИТЕЛЕЙ НА МОРФОЛОГИЮ, ОПТИЧЕСКИХ И ПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ ПЛЁНОК PCBM

Тютюник А. С., Крохина О. А., Подольский Н. Е. *334*

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ВЫГОДНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ СИММЕТРИЧНЫХ ГРАНИЦ ЗЕРЕН НАКЛОНА В ГПУ-ТИТАНЕ

Уразалиев М. Г., Ступак М. Е., Попов В. В. *337*

ПРОЦЕССЫ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ В СПЕЧЕННЫХ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ СИСТЕМ Sm-Co И Nd-Fe-B

Уржумцев А. Н., Мальцева В. Е., Шарин М. К., Таранов Д. В., Волегов А. С. *339*

КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ОБЛУЧЕННЫХ ИОНАМИ XE С ЭНЕРГИЕЙ 0.23 ГэВ КРИСТАЛЛОВ MgO

Утемуратова Ж. К. *341*

ПЛАЗМОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В ТОНКИХ ПЛЁНКАХ $MgAl_2O_4$

Вагапов А. Ш., Киряков А. Н., Зацепин А. Ф. *342*

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК Sc_2O_3 НА СТРУКТУРНЫЕ И СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЗРАЧНЫХ $Tm:(Y,Sc)_2O_3$ КЕРАМИК

Васин Д.А., Максимов Р.Н., Осипов В.В., Шитов В.А., Точи Г., Пирри А., Патрици Б., Ваннини М. *344*

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ОТРАЖЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ С ВНЕДРЁННЫМ РЕЗОНАНСНЫМ СЛОЕМ

Веревкина К. Ю., Верёвкин И. Ю., Яцышен В. В. *346*

СЕНСОРНЫЕ СВОЙСТВА БОРОУГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ТИПА BC

Волкова Д. В., Назаренко А. К., Галоян Д. М. *348*

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ ЦИФРОВЫХ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛТНЫХ МИКРОСХЕМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИОНИЗИРУЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Волошин Е.В., Сорокоумов Г.С. *350*

ВЛИЯНИЕ СТАБИЛИЗАТОРА НА СВОЙСТВА КОЛЛОИДНЫХ НАНОЧАСТИЦ СУЛЬФИДА СЕРЕБРА

Воронцова Е.С., Кузнецова Ю.В., Ремпель С.В. *352*

СТРУКТУРА ОБЛАЧНОГО ТЭНИТА КАК ИНДИКАТОР УДАРНОГО И ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Муфтахетдинова Р.Ф, Яковлев Г.А., Брусницына Е.В., Гроховский В.И. *353*

XPS SPECTRA AS A TOOL FOR STUDYING PHOTOCHEMICAL AND THERMAL DEGRADATION IN $APbX_3$ HYBRID HALIDE PEROVSKITES

Zhidkov I.S., Boukhvalov D.W., Akbulatov A.F., Losev T.S., Troshin P.A., Kurmaev E.Z. *355*

СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЕТЕРОГЕННЫХ НАНОСИСТЕМ НА ОСНОВЕ ОКСИДНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ZnO И SnO_2

Жилова О. В., Панков С. Ю., Макагонов В. А., Каширин М. А. *356*

РАЗВИТИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ВОЗМУЩЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ КВАНТОВЫХ СПИНОВЫХ МОДЕЛЕЙ БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ

Майбах Е.А., Кашин И.В. *358*

MAGNETIC HYSTERESIS PROPERTIES OF Tb-Co MULTILAYERED FILMS

Makarochkin I.A., Kudyukov E.V., Stepanova E.A., Kurlyandskaya G.V., Svalov A.V. *359*

ОСОБЕННОСТИ КИНЕТИКИ ПОЛОС ИМПУЛЬСНОЙ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В КЕРАМИКАХ НА ОСНОВЕ Y_2O_3

Соломонов В.И., Спирина А.В., Макарова А.С. *361*

РАССЕЯНИЕ УЛЬТРАКОРОТКИХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА ДИНАМИЧЕСКИХ МИШЕНЯХ

Макарова К.А. *362*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА КРИСТАЛЛОВ В МЕТАСТАБИЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА ГИББСА-ТОМСОНА

Маковеева Е.В. *363*

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ МАГНИТОТВЕРДЫХ СПЛАВОВ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Мальцева В.Е., Андреев С.В., Уржумцев А.Н., Незнахин Д.С., Болячкин А.С., Волегов А.С. *365*

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СПЕКТРОВ ОТРАЖЕНИЯ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ ИЗ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ В ВИДИМОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

Малышев О.К., Хариноева Т.А., Крюкова И.С., Мартынов И.Л., Чистяков А.А. *368*

DETERMINATION OF THE THICKNESS AND OPTICAL PARAMETERS OF Gd_2O_3 THIN FILMS BASED ON THE INTERFERENCE EFFECT

Mamonov A.P., Kuznetsova Yu.A., Gavrilov N.V., Zatsepin A.F. *370*

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ МОНОКЛИННОГО ZrO_2 ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Марфин А.Ю., Никифоров С.В., Зырянов С.С. *371*

ОСОБЕННОСТИ СПЕКТРОВ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ ПЛЕНОК ЛИНЕЙНО-ЦЕПОЧЕЧНОГО УГЛЕРОДА НА ПЛАТИНОВОЙ ПОДЛОЖКЕ

Матищев А.И., Бунтов Е.А. *373*

LUMINESCENCE OF SOLID SOLUTIONS BASED ON SILICATE-GERMANATE WITH APATITE STRUCTURE DOPED WITH Eu^{3+} IONS

Mikhailova P.V., Pustovarov V.A., Vasin A.A., Zuev M.G. *375*

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОЭМИССИОННЫХ СВОЙСТВ ВОЛЬФРАМОВОГО КАТОДА С НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Музюкин И.Л., Михайлов П.С. *377*

ЭФФЕКТЫ ЭЛЕКТРОН-ФОНОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В МИКРОКАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ГЕКСАГОНАЛЬНОГО НИТРИДА БОРА

Михалевский Г.Б., Мохов Д.А., Вохминцев А.С., Замятин Д.А., Карабаналов М.С., Вайнштейн И.А. *379*

SITE-SELECTIVE LUMINESCENCE OF SOLID SOLUTIONS BASED ON SILICATE-TUNGSTATES DOPED WITH Eu^{3+} IONS

Mirgorodskikh K.S., Pustovarov V.A., Vasin A.A., Zuev M.G. *380*

АНТИФЕРРОМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В КРИСТАЛЛАХ СЕМЕЙСТВА $Pr_XY_{1-X}Fe_3(BO_3)_4$ С УГЛОВОЙ МАГНИТНОЙ СТРУКТУРОЙ

Миронов Р.И., Панкрац А.И. *382*

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ОТЖИГА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ БОРАТА ЖЕЛЕЗА $FeBO_3$

Снегирёв Н.И., Любутин И.С., Ягупов С.В., Куликов А.Г., Селезнев К.А., Могиленец Ю.А., Артемов В.В., Стругацкий М.Б. *384*

ВЛИЯНИЕ ЗАМЕЩЕНИЯ В КАТИОННОЙ ПОДРЕШЕТКЕ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ $(Fe,V)_7Se_8$

Мозговых С.Н., Баранов Н.В., Шишкин Д.А., Селезнева Н.В. *386*

ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ПЫЛИ ИЗ ГОЛУБОГО ЛЬДА АНТАРКТИДЫ

Муфтахетдинова Р.Ф., Булат С.А., Гроховский В.И., Секацкий С.К. *388*

МАГНИТНЫЙ ПЕРЕХОД В 3D-ПОДРЕШЕТКЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ $GdMn_{1-x}Ti_xSi$ ДЛЯ X = 0 – 1

Мухачев Р.Д., Лукоянов А.В. *390*

НЕОДНОРОДНОСТИ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АМОРФНОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ КОБАЛЬТА В ЗАКАЛЕННОМ СОСТОЯНИИ

Некрасов Е.С., Скулкина Н.А. *392*

ЭВОЛЮЦИЯ ПОЛИДИСПЕРСНОГО АНСАМБЛЯ ЭЛЛИПСОИДАЛЬНЫХ КРИСТАЛЛОВ В ПЕРЕСЫЩЕННОМ РАСТВОРЕ В СРАВНЕНИИ СО СФЕРИЧЕСКИМИ КРИСТАЛЛАМИ

Никишина М.А., Александров Д.В. *394*

SYNTHESIS AND STUDY OF HIGHLY INTERCALATED $Fe_xTi_2S_4$ COMPOUNDS

Nosovets V.S., Sherokalova E.M., Selezneva N.V. *396*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ТВЕРДОГО РАСТВОРА В ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВАХ СИСТЕМЫ Co-Cr-Fe-Mn-Ni

Осинцев К.А., Коновалов С.В., Громов В.Е., Чэнь С., Панченко И.А. *397*

ОТНОШЕНИЕ ПАДАЮЩЕЙ И ПОГЛОЩЁННОЙ МОЩНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОВОДИМОСТИ СЛОЁВ

Фитаев И.Ш., Падалинский М.М., Дмитриев А.И. *399*

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ Al-Mg СПЛАВА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО ПЕРЕНОСА МЕТАЛЛА

Гэн Я., Панченко И.А., Коновалов С.В., Чэнь С., Иванов Ю.Ф., Тимофеева Я.А. 401

ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОКСИДА ИТТРИЯ ЛЕГИРОВАННОГО ЛИТИЕМ

Панков В.А., Чуркин В.Ю., Марков А.А., Звонарев С.В. 402

FERROELECTRIC DOMAIN PATTERNING BY FOCUSED ION BEAM IRRADIATION OF [100]-CUT [001]-POLED PMN-PT SINGLE CRYSTALS

Pashnina E.A., Chezganov D.S., Nuraeva A.S., Shur V.Ya. 404

СПЕКТРАЛЬНО-РАЗРЕШЁННАЯ ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ НАНОТУБУЛЯРНОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ПОСЛЕ УФ ОБЛУЧЕНИЯ

Петренёв И.А., Старовойтова С.А., Вохминцев А.С., Камалов Р.В., Вайнштейн И.А…406

МЕХАНИЗМ ДИФФУЗИИ СОБСТВЕННЫХ ИОНОВ В ОБЪЁМЕ НАНОКРИСТАЛЛОВ UN И UC. МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Пицхелаури С.С., Сеитов Д.Д., Некрасов К.А., Купряжкин А.Я. 408

СТРУКТУРНЫЕ И МАГНИТНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В СИСТЕМЕ $GdFeAl_{1-X}Si_X$

Платонов С.П., Кучин А.Г., Гавико В.С., Яковлева М.Ю. 410

РЕЗОНАНСНАЯ ФОТОЭМИССИЯ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ RMn_2Si_2

Пономарева Е.А., Ярмошенко Ю.М., Гребенников В.И., Радзивончик Д.И., Лукоянов А.В., Герасимов Е.Г., Гавико В.С., Мушников Н.В., Кузнецова Т.В. 412

СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ МАКСВЕЛЛА-ГАРНЕТТА И БРУГГЕМАНА ПРИ ОПИСАНИИ НАНОКОМПОЗИТОВ С ЧАСТИЦАМИ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Потапова И.И., Яцышен В.В. 414

USING THE MODERN THEORY OF MAGNETIC SUSCEPTIBILITY APPROACH TO DESCRIBE THE LOW-DIMENSIONAL MATERIALS: TWO-DIMENSIONAL ANTIMONY

Pushkarev G.V., Iakovlev I.A., Prishchenko D.A., Mazurenko V.G., Rudenko A.N. 416

Секция 3. Приборостроение и робототехника 418

СИСТЕМА ДЛЯ МОНИТОРИНГА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ АЭС

Балдин А. М., Куртеев А. В., Орлов К. Е., Севастьянов М. М., Ташлыков О. Л. 419

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ, ВЫЗВАННЫХ ВИХРЕВЫМИ ТОКАМИ В МАГНИТНЫХ КОМПОНЕНТАХ С ЧЕРЕДУЮЩИМИСЯ ОБМОТКАМИ

Глотов В.В., Башкиров А.В., Астахов Н.В., Веретенников Н.Ю., Демихова А.С., Глотова Т.С *421*

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ, ОСНОВАННОЙ НА СТАНДАРТЕ CAMAC, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТРОЛЛЕРА КРЕЙТА W-IE-NE-R CC-USB

Афанасенко М.Ю., Баженов Г.А., Моисейкин Е.В. *422*

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ МНОГОЛУЧЕВОГО КАНАЛА РАДИОСВЯЗИ СИСТЕМ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С OFDM МОДУЛЯЦИЕЙ НА ОСНОВЕ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

Чирков О.Н., Ромащенко М.А., Бобылкин И.С. *424*

РАЗЛИЧНЫЕ МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ УПРАВЛЕНИЙ ДЛЯ МАНИПУЛЯЦИОННОГО РОБОТА

Чупин И.А *426*

DF-ВАРИОМЕТР НА БАЗЕ ОДНОКОМПОНЕНТНОГО АБСОЛЮТНОГО МАГНИТОМЕТРА ПРОТОННОГО ТИПА

Денисов А.Ю., Сапунов В.А., Федоров А.Л., Сергеев А.В., Нархов Е.Д. *427*

НИЗКОПРОФИЛЬНАЯ ЩЕЛЕВАЯ АНТЕННА ИНТЕГРИРОВАННАЯ С СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛЬЮ

Журавлев Д.В., Ищенко Е.А., Фёдоров С.М. *429*

ЭФФЕКТ НЕОДНОРОДНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКА В СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ИХ ТЕПЛОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Гавриков А.А., Смирнов В.И. *431*

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Глотов В.В., Башкиров А.В., Ципина Н.В., Костюков А.С., Демихова А.С., Глотова Т.С. *433*

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ РАЗМЕРОВ ДЕФЕКТА В ФЕРРОМАГНИТНОМ ИЗДЕЛИИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Шлеенков А.С., Шлеенков С.А., Куковенко А.В., Пастухов А.Б., Губанов Я.В. *435*

ДВУХДИАПАЗОННАЯ ЩЕЛЕВАЯ MIMO АНТЕННА ДЛЯ СОТОВОГО ТЕЛЕФОНА

Жихарев А.М., Ищенко Е.А., Фёдоров С.М. *436*

МКП ДЕТЕКТОР РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МАЛОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ
Кантур И.Э, Ярмошенко Ю.М, Долгих В.Е., Кузнецова Т.В.....438

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ СПЕКТРОМЕТРА ПРИРАЩЕНИЯ ИОННОЙ ПОДВИЖНОСТИ ПРИ ДЕТЕКТИРОВАНИИ ПАРОВ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ
Костарев В.А., Акмалов А.Э., Котковский Г.Е., Чистяков А.А......440

РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ВИХРЕТОКОВЫХ СИГНАЛОВ НА БАЗЕ МОДУЛЯ E14-440
Ксенофонтов Д.Г., Костин В.Н., Атласов М.Н., Суворин К.Д......442

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
Ладвищенко А.А., Лагунов А.Ю......444

СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ ПОКАЗАНИЙ ЖИДКОСТНОГО КАЛОРИМЕТРА С ПОМОЩЬЮ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ
Лобанов Л.Н., Шарыпов К.А......445

ПРОГРАММНАЯ И АППАРАТНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТОЙ СПЕКТРОСКОПИИ
Лукашов А.С., Вдовкин В.А., Трофимова Е.С., Пустоваров В.А......447

УСТАНОВКА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ЩЕЛОЧНО-ГАЛОИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ
Мамонов А.А., Таврунов Д.А., Райков Д.В......449

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАМАГНИЧИВАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ЗАМКНУТОГО ТИПА ДЛЯ ПОРТАТИВНОГО МАГНИТНОГО СКАНЕРА-ДЕФЕКТОСКОПА БУРИЛЬНЫХ ТРУБ
Михайлов А.В., Гобов Ю.Л., Никитин А.В., Попов С.Э., Михайлов Л.В., Антокольский Л.И......451

БЛОК ПИТАНИЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОСПИННИНГА
Миронов А.А., Хохлов К.О......453

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ МАГНИТОРАЗВЕДКИ НА ПЕРЕВАЛЕ ДЯТЛОВА С ПОМОЩЬЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МАГНИТОМЕТРА ГРАДИЕНТОМЕТРА MMPOS-2GPS
Алексеенков А.А., Кунцевич Ю.К., Нархов Е.Д., Сапунов В.А., Сергеев А.В......455

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ
Неклюдов А.Л., Ромащенко М.А., Рожненко С.Н......457

УСТОЙЧИВОЕ К ВХОДНОМУ ШУМУ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТНОГО ДЕФЕКТА ФЕРРОМАГНЕТИКА
Никитин А.В., Попов С.Э., Михайлов А.В., Губанов Я.В. *460*

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТАНДАРТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ФОРСТЕРА
Орлов К.Е., Куртеев А.В., Балдин А.М., Севастьянов М.М., Ташлыков О.Л. *462*

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ МАГНИТНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ СТАЛЬНОГО ПРОКАТА
А.Б.Пастухов, А.С. Шлеенков, С.А. Шлеенков, Я.В.Губанов *464*

МОЩНЫЙ ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ГЕНЕРАТОР НА MOSFET-ТРАНЗИСТОРАХ
Патраков В.Е., Лисовский Д.А. *466*

РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРОВ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ (ПЛИС)
Пирогов А.А., Пирогова Ю.А., Гвозденко С.А., Шардаков Д.В., Макаров О.Ю. *468*

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОБРАЗЦА ПРИ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ 470
Полетаев Д.А., Соколенко Б.В. *470*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ НА КОНТРОЛЛЕРЕ АРДУИНО
Путимцев Н.С., Бахрачева Ю.С. *472*

KINEMATICS AND DYNAMICS OF A ROBOTIC ARM WITH RIGID LINKS
Kuznetsova O.D., Romanovskaia N.D., Berestova S.A., Romanovskaia E.M. *474*

ТРАНСФОРМАТОРНЫЙ ВВОД С БУМАЖНО-МАСЛЯНОЙ ВНУТРЕННЕЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ НА 110 КВ
Салыков К.М., Бородин К.И. *475*

ПРИМЕНЕНИЕ ВИБРОДЕМПФИРУЮЩИХ ВСТАВОК ДЛЯ КОРПУСОВ ПРИБОРОВ, ЗАЩИТНЫХ КОЖУХОВ И ОГРАЖДЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ИХ ВИБРОВОЗБУДИМОСТИ
Асминин В.Ф., Самофалова А.С., Енин П.В., Попова Н.С. *477*

МОДУЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА РАДОНА
Семенов И.П., Гордеев Г.С., Ищенко А.В., Ярмошенко И.В., Жуковский М.В. *479*

DESIGN AND ANALYSIS OF 2.56 GBPS CML CMOS TRANSCEIVER WITH SPECIFIC LOAD FOR PHYSICAL INSTRUMENTATION APPLICATIONS
Serazetdinov A.R., Atkin E.V., Khokhlov K.O. *481*

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR GENERATION OF LOW CONCENTRATIONS OF VAPORS
Shchapov I.E., Chuvashov R.D., Baranova A.A., Khokhlov K.O. *482*

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЕ ИЗЛУЧЕНИЯ
М. Шишкин, С. Шабунин *484*

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И УЧЕБНЫХ ПРОЕКТОВ
Агафонов Б.А., Синев М.М., Ищенко А.В., Кокорин А.Ф. *486*

ПРОЕКТ БИОНИЧЕСКОГО ЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА РОБОТА ДЛЯ СБОРА УРОЖАЯ
Ступин С.А., Огородникова О.М. *488*

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ТЕРМОВАКУУМНОГО НАПЫЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ
Сумарев А.Л. , Трофимова К.Е., Китаев А.М., Ищенко А.В. *489*

СПЕКТРАЛЬНОЕ И ВРЕМЕННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СИГНАЛОВ ОПТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ И ОПТИЧЕСКИ СТИМУЛИРОВАННОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В АНИОНДЕФЕКТНОМ КОРУНДЕ
Туйков А. С., Абашев Р. М., Краснопёров В. С., Сюрдо А. И. *491*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ
Васильченко Д.В., Ромащенко М.А. *493*

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО НАНЕСЕНИЯ ГИДРОФОБНЫХ ПОКРЫТИЙ
Заболотний С.И., Капустин С.Н. *495*

Секция 4. Химические технологии 497

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАРБОНИЗАЦИИ ЗОЛЫ В ХИМИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ
Абаимов Н.А., Симанов Н.А., Рыжков А.Ф. *498*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЗОЛООБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В УГЛЯХ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ

Абасова К. В., Абрамов А. В. *499*

РАЗДЕЛЕНИЕ ЦЕЗИЯ И АЛЮМИНИЯ КАТИОНИТОМ PUROLITE C160

Абдрахманова А.К., Титова С.М., Филатенкова А.П., Евдокимов И.В., Липатова М.Е., Скрипченко С.Ю. *501*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗОЛЫ С ПОМОЩЬЮ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА

Абрамова К.В, Кочергина Е.В., Абрамов А.В., Ребрин О.И. *503*

GRAFTING OF (3-CHLOROPROPYL)-TRIMETHOXY SILANE ON HALLOYSITE NANOTUBES SURFACE

Abu El-Soad A.M., Lazzara G., Pestov A.V., Tambasova D.P., Antonov D.O., Kovaleva E.G. *504*

DETERMINATION OF LANTHANIDES IN PHOSPHATE ROCKS BY INSTRUMENTAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS

Awad Hamdy Ahmed Mohamed, Zakaly Hesam M.H, El Taher Atef, Sebak M.A. *505*

ВЛИЯНИЕ СТАДИИ БИСЕРНОГО РАЗМОЛА СУСПЕНЗИИ ОКСИДНЫХ НОСИТЕЛЕЙ НА ТЕКСТУРНЫЕ, СТРУКТУРНЫЕ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТРЕХМАРШРУТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Бакшеев Е.О., Аликин Е.А., Денисов С.П., Пронина М.О. *507*

СОРБЦИЯ ВОЛЬФРАМА АНИОНИТОМ PUROLITE A830

Балдина А.С., Титова С.М., Конькова А.В., Евдокимов И.В., Липатова М.Е., Буньков Г.М, Скрипченко С.Ю. *508*

ВЛИЯНИЕ МЕХАНОАКТИВАЦИИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ТВЕРДОФАЗНОГО СИНТЕЗА НА СОСТАВ И РАЗМЕР ЧАСТИЦ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА

Баженов С.В., Курлов А.С. *510*

ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УСЛОВИЙ ВОЗБУЖДЕНИЯ ОТ ХАРАКТЕРИСТИК ДУГОВОГО РАЗРЯДА

Бекмансурова Л.И., Зотова Э.Л., Домбровская М.А., Лисиенко Д.Г. *512*

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ Sr-90 В ПРОБАХ ПРИРОДНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЕНТА ТЕРМОКСИД-3К

Белоконова Н.В., Воронина А.В., Тарасовских Т.В. *513*

СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ МЫШЬЯКА (III) И СУРЬМЫ (III) ИЗ РАСТВОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОКОМПОЗИТА MnO_2/C

Белозерова А.А., Печищева Н.В., Эстемирова С.Х., Шуняев К.Ю. *515*

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕРАСТВОРИМОГО ОСТАТКА СОЛЯНОКИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА ИЗ ШЛАМА

Наливайко К.А., Скрипченко С.Ю., Пастухов А.Д., Березина М.Э., Яковлева О.В., Абдрахманова А.К. *517*

ВЫДЕЛЕНИЕ РАДИЯ-228 ИЗ ТОРИЯ-232 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЕНТА MnO_2 - MN202

Берсенева М.А., Малышев А.С., Юлдашбаева А.Р., Семенищев В.С., Кириллов Е.В., Кириллов С.В. *519*

ВЛИЯНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО АЛЮМИНИЯ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ КРАСНЫХ ШЛАМОВ ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Бибанаева С.А., Пасечник Л.А., Скачков В.М., Яценко С.П. *520*

СОРБЦИЯ УРАНА ИЗ ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРОВ КАРБОНАТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ШЛАМОВ

Боброва В.А., Наливайко К.А, Титова С.М, Евдокимов И.В., Муравлева А.М., Яковлева О.В., Скрипченко С.Ю. *522*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТЫ НИЗКОЧАСТОТНОГО АКСИАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СКОРОСТЬ ДЕКОЛОРИЗАЦИИ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЕГО ТИОСУЛЬФАТОМ НАТРИЯ

Богатов Н.А., Савина А.С., Щербакова Е.А., Абдрахманов А.Р. *524*

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ТЕРАПИИ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Борисова М.В., Газизуллина Е.Р., Герасимова Е.Л., Иванова А.В., Никифоров Е.А., Мосеев Т.Д., Вараксин М.В., Чупахин О.Н. *527*

ЖИРОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ФОССИЛИЙ ИЗ ПЕРМСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ МЕТОДОМ ГХ-МС

Бородин Н.Д., Данилов Д.А., Хорькова А.Н, Киселева Д.В., Шиловский О.П *529*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗНАЧЕНИЯ РН НА ФОРМУ И РАЗМЕР ЧАСТИЦ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО СМЕСЬЮ РЗЭ

Буйначев С.В., Машковцев М.А., Поливода Д.О., Харисова К.А., Косых А.С. *531*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ОКСИДНЫХ ФОРМ ОЯТ

Бурдина А.А., Данилов Д.А., Шишкин В.Ю. *533*

СРАВНЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗЛИЧНЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ СТРОНЦИЯ ИЗ ПРИРОДНЫХ ВОД

Черепанова М.А., Семенищев В.С. *535*

СИНТЕЗ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ИТТРИЕМ И КАЛЬЦИЕМ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ МЕТОДОМ КОНТРОЛИРУЕМОГО ДВУХСТРУЙНОГО ОСАЖДЕНИЯ

Данкова А.К., Машковцев М.А., Буйначев С.В., Прибытов М.Д. *537*

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕОДИМА В ЭВТЕКТИЧЕСКОМ СПЛАВЕ ГАЛЛИЯ И ЦИНКА

Дедюхин А.С., Харина Е.А., Щетинский А.В., Ямщиков Л.Ф. *539*

ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПАЛЛАДИЯ (II) В БЕСФЕРМЕНТНОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ ОКИСЛЕНИИ ГЛЮКОЗЫ

Девятова М.И., Охохонин А.В., Матерн А.И., Козицина А.Н. *540*

ИЗВЛЕЧЕНИЕ МОЛИБДЕНА ИЗ ОТРАБОТАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Дюрягин В.В., Малышев А.С., Юлдашбаева А.Р., Кириллов Е.В., Кириллов С.В. *542*

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННОЙ ПРОГРАММЫ ПРИ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОМ МОЛЕКУЛЯРНО-АБСОРБЦИОННОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЙОДА

Ельцов Д.А., Зайцева П.В., Пупышев А.А., Солошенко Н.Г. *543*

КОАГУЛЯЦИИ МИКРОДИСПЕРСНЫХ КАПЕЛЬ ЗОЛОТА В ОКСИДНОМ РАСПЛАВЕ

Амдур А.М., Федоров С.А. *545*

ПЕРЕРАБОТКА СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ СПВ УРАНА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ХЛОРА

Филатенкова А. П., Титова С.М., Конькова А.В., Наливайко К.А., Скрипченко С.Ю., Евдокимов И.В., Муравлева А.М. *547*

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИИ РАДИЯ-223 ТОНКОСЛОЙНЫМИ СОРБЕНТАМИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА МАРГАНЦА НА РАЗЛИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ НОСИТЕЛЯХ

Филинкова В.К., Семенищев В.С. *549*

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОСАЖДЕНИЯ НА КРУПНОСТЬ ЧАСТИЦ ФТОРИДА НЕОДИМА

Гасимова А. Ф., Щетинский А. В., Дедюхин А. С., Машковцев М. А. *551*

ELEMENTAL VARIATION ON BOTTLED DRINKING WATER BY ICP-OES

Hesham M.H. Zakaly, Hamdy A.M. Awad, Mohamed M. Ghoneim, Atef El-Taher *552*

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСФЕРМЕНТНОЙ ТОПЛИВНОЙ ЯЧЕЙКИ НА ОСНОВЕ ДВОЙНЫХ ПЕРОВСКИТОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА

Шаламова А. М., Глазырина Ю.А. *553*

КОРРОЗИЯ ХАСТЕЛЛОЯ G 35 В ХЛОРАЛЮМИНАТЕ НАТРИЯ
Гордеева Ю.Ф., Филатов Е.С., Кудяков В.Я. *554*

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОКСИДНЫХ И ГИБРИДНЫХ ЛЮМИНОФОРОВ НА ОСНОВЕ GD-EU
Гордеев Е.В., Машковцев М.А., Поливода Д.О., Косых А.С., Харисова К.А., Гурьянова А.А., Меркучева К.А. *556*

APPLICATION OF REVERSE OSMOSIS TO IMPROVE REMOVAL OF RESIDUAL SALT CONTENT IN ELECTRODIALYSIS PROCESS
Gubari M.Q., Alekseeva N.V. *558*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕТОДА СИНТЕЗА НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ТВЁРДЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ ЦИРКОНИЯ И ЦЕРИЯ
Гурьянова А.А., Машковцев М.А., Гордеев Е.В., Косых А.С., Поливода Д.О., Харисова К.А. *560*

ОЦЕНКА ГЕОХИМИЧЕСКОГО ФОНА И ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ЖИЛЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ГОРОДОВ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ АНТРОПОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
Гушшамова А.Н., Селезнёв А.А. *562*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ОРОШЕНИЯ НА ГИДРОДИНАМИКУ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА В ТЕПЛООБМЕННОЙ ТРУБКЕ ВЫПАРНОГО АППАРАТА
Гушшамова В.Н., Хомяков А.П., Морданов С.В., Хомякова Т.В. *563*

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УРАНСОДЕРЖАЩИХ ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВОВ С КИСЛОРОДОМ
Идрисова К.Р., Рыжов А.А., Волкович В.А. *565*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОЛОТА В РУДАХ И ГОРНЫХ ПОРОДАХ ПОСЛЕ ЭКСТРАКЦИИ БРИЛЛИАНТОВЫМ ЗЕЛЕНЫМ МЕТОДОМ ЭТААС
Игошева В.С., Васильева Н.Л., Солошенко Н.Г., Окунева Т.Г *567*

ОСАЖДЕНИЕ ФОСФАТОВ СТРОНЦИЯ И БАРИЯ В РАСПЛАВАХ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ ХЛОРИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ ИОНЫ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ
Иванов А.Б., Волкович В.А., Хомутинина Д.А. *569*

СТУПЕНЧАТОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ЦИНКА ИЗ ПЫЛИ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ
Иванов А.В., Малышев А. С., Юлдашбаева А.Р., Кириллов Е.В., Кириллов С.В. *571*

ИЗМЕНЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ХЛОРАЛЮМИНТАНЫХ ПЛАВОВ ПРИ КОНТАКТЕ С АТМОСФЕРОЙ ВОЗДУХА

Ившина А. А., Половов И. Б., Денисова О. В., Чукин А. В., Абрамов А. В., Данилов Д. А., Карпов В.В. *573*

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИОЛЕФИНОВ

Кабанов А. Д., Таранова Л. В. *574*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В СМЕСИ ФТОРИДОВ ЛИТИЯ И БЕРИЛЛИЯ

Карташова Е.С., Данилов Д.А., Половов И.Б. *576*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ ГИДРОКСИДА НИКЕЛЯ

Харисова К.А., Поливода Д.О., Косых А.С., Гордеев Е.В., Гурьянова А.А., Буйначев С.В. *578*

ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ СМЕСИ, ИСПОЛЬЗОВАННОЙ В РИТУАЛЬНЫХ ОБРЯДАХ САРГАТСКОЙ КУЛЬТУРЫ

Хорькова А.Н., Данилов Д.А., Киселева Д.В. *580*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОЛИФЕНОЛЬНОЙ ПРИРОДЫ В ЭКСТРАКТАХ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Хрушкова Е.А., Газизуллина Е.Р., Герасимова Е.Л., Иванова А.В. *582*

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПЛАВОВ LI_2MoO_4–K_2MoO_4–MoO_3–UO_2MoO_4

Китик М.С., Волкович В.А. *583*

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ГИДРООЧИСТКИ С ЦЕЛЬЮ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Клевцов Г.П., Таранова Л.В. *585*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФТОРА В ГРАФИТЕ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ

Кочергина Е.В., Абрамов А.В., Ребрин О.И. *587*

СОРБЦИЯ ГАЛЛИЯ НА СУСПЕНЗИИ МЕХАНОАКТИВИРОВАННОГО РУТИЛА

Печищева Н.В., Коробицына А.Д., Зайцева П.В *588*

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ТЕРМООБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ПОРОШКОВ ГИБРИДНЫХ ЛЮМИНОФОРОВ ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ СЛОИСТОГО ГИДРОКСИДА ГАДОЛИНИЯ-ТЕРБИЯ

Косых А.С., Гордеев Е.В., Харисова К.А., Поливода Д.О., Буйначев С.В., Гурьянова А.А. *589*

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ОКИСЛЕНИЯ КАТИОНИТА КУ-2×8 ВОДНЫМ РАСТВОРОМ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА
Козлова М.М., Смольников М.И., Уймин С.Н., Марков В.Ф. *591*

РАСЧЁТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СПЛАВОВ, СОДЕРЖАЩИХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ
Крылосов А.В., Ребрин О.И. *593*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АНАЛИЗА СИНТЕТИЧЕСКИХ МАКРО- И НАНОРАЗМЕРНЫХ ПОРОШКОВ АЛЮМОМАГНИЕВОЙ И АЛЮМОМАРГАНЦЕВОЙ ШПИНЕЛИ
Кубрина Е.Д., Лисиенко Д.Г., Домбровская М.А. *595*

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ СОРБЦИИ SR-90 ФЕРРОЦИАНИДНЫМ СОРБЕНТОМ НА ОСНОВЕ ГЛАУКОНИТА
Куликова М.А., Воронина А.В. *596*

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИИ ПОЛОНИЯ-210 НА ТОНКОСЛОЙНОМ СОРБЕНТЕ MnO_2-ТАЦ
Куляшова Е. Н., Семенищев В. С. *598*

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ СТРОНЦИЯ-90 ГРАНУЛИРОВАННЫМ ПРИРОДНЫМ АЛЮМОСИЛИКАТОМ
Зенкова К.И., Кутергин А.С., Недобух Т.А. *600*

ДЕСОРБЦИЯ ЗОЛОТА С ПОВЕРХНОСТИ СУЛЬФОЭТИЛИРОВАННОГО ПОЛИАЛЛИЛАМИНА
Кузнецова К.Я., Гаврилова Д.А., Алифханова Л.М., Петрова Ю.С., Неудачина Л.К. *602*

THERMAL DECOMPOSITION OF DERIVATIVES POLYCHLOROBIPHENYLS
Maiorova A.V., Kulikova T.V., Bardina M.N. *604*

РАСЧЁТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СПЛАВОВ, СОДЕРЖАЩИХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ
Крылосов А.В., Максимцев К.В., Ребрин О.И. *605*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕРИЯ В (Li – K – Cs)ClЭВТ
Щетинский А.В., Марьянова К.А., Дедюхин А.С. *607*

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИТРОБЕНЗОЛА В МЕДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕКЛОУГЛЕРОДНОГО ЭЛЕКТРОДА, МОДИФИЦИРОВАННОГО УНТ И ПРОИЗВОДНЫМИ 1,3-/1,4-ДИАЗИНОВ
Матяшева В.С., Сайгушкина А.А, Вербицкий Е.В, Русинов Г.Л., Свалова Т.С., Козицина А.Н. *608*

ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ ФТОРИРОВАНИЕ ОКИСЛЕННОГО ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Медянкина И.С., Нездоймина Н.М., Пасечник Л.А. *609*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ В МИЦЕЛЛЯРНОЙ ФАЗЕ ПОСЛЕ ИНТЕРКАЛЯЦИИ СЛОИСТЫХ ГИДРОКСИДОВ

Меркучева К.А., Данилов Д.А., Гордеев Е.В. *611*

АНАЛИЗ ИОННЫХ РАВНОВЕСИЙ И ХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ПЛЕНОК PbS:Co В СИСТЕМЕ «$PbAc_2$ – $CoCl_2$ – Na_3Cit – NH_4OH – CH_4N_2S»

Михайлова А. И., Поздин А. В., Маскаева Л. Н. *613*

ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ZrO_2-Y_2O_3-Gd_2O_3 И ZrO_2-Y_2O_3-Yb_2O_3

Митюшова Ю.А., Прыжновская В.А., Султанова Д.Т., Денисова О.В., Денисова Э.И., Карташов В.В. *615*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ИОНОСЕЛЕКТИВНОЙ ОЧИСТКИ ЖРО

Морданов С.В., Ташлыков О.Л., Бессонов И.А., Чалпанов С.В., Хомяков А.П., Ремез В.П. *617*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ РЕАКТОРА ТВЕРДОСОРБЕНТНОЙ СЕРООЧИСТКИ СИНТЕЗ-ГАЗА

Морозов Я.О., Жижина У.В., Каграманов Ю.А., Тупоногов В.Г. *619*

КАСКАДНЫЙ ТЕПЛОВОЙ АККУМУЛЯТОР ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА

Моржухин А.М., Моржухина С.В., Тестов Д.С. *621*

ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ УРАНА ИЗ ТВЕРДЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ РАСТВОРАМИ СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ

Наливайко К.А., Муравлева А.М., Евдокимов И.В., Скрипченко С.Ю., Яковлева О.В., Абдрахманова А.К. *623*

СОРБЦИОННАЯ ПЕРЕРАБОТКА ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ СЕРНОКИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА ИЗ ШЛАМА

Наливайко К.А., Муравлева А.М., Евдокимов И.В., Титова С.М., Яковлева О.В., Абдрахманова А.К. *625*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО РАСТВОРА В ОБЪЕМЕ РЕАКТОРА С ДВУХЪЯРУСНЫМ ЛОПАСТНЫМ ПЕРЕМЕШИВАЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ

Хомяков А.П., Морданов С.В., Наськина Д.Р., Хомякова Т.В. *627*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДОНА, УРАНА И ТОРИЯ В РОДНИКАХ ЕКАТЕРИНБУРГА И СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Насонова Ю.И., Семенищев В.С. *629*

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРОВОЗДУШНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ КУЗНЕЦКОГО КАМЕННОГО УГЛЯ В ПОТОЧНОМ РЕАКТОРЕ

Матюхина А.К., Никитин А.Д., Рыжков А.Ф. *631*

ЗАВИСИСМОСТЬ ЭЛЕКТРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА СПЛАВА U-Pd В ЭЛЕКТРОЛИТЕ $3LiCl–2KCl–UCl_3$ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Никитин Д.И., Половов И.Б., Волкович В.А., Фофанов Г.Л., Фурта А.П. *632*

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА В КОНТАКТНОМ АППАРАТЕ ДЛЯ ОЗОНИРОВАНИЯ ЖРО

Новоселов И.К., Хомяков А.П., Морданов С.В., Никулин В.А., Бир А.А., Костромин К.В. Хомякова Т.В. *634*

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF CROSS-LINKED PECTIN NANOCAPSULES AS A DRUG DELIVERY SYSTEM

Manar M. Obiedallah1, Rita S. Alkubelat, Maxim A. Mironov *635*

СОРБЦИЯ СКАНДИЯ ИЗ РАСТВОРОВ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ КРАСНОГО ШЛАМА ЯНТАРНОЙ КИСЛОТОЙ

Окилов Б.Р., Боталов М. С., Кириллов Е.В., Рычков В.Н. *637*

ВЛИЯНИЕ МЕТАЛЛОВ V ГРУППЫ НА ФАЗООБРАЗОВАНИЕ И МЕЖФАЗНЫЕ СВОЙСТВА ТИТАН-АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Осинкина Т.В., Красиков С.А., Русских А.С. *639*

ХИМИЧЕСКИЙ РЕЦИКЛИНГ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ С УТИЛИЗАЦИЕЙ CO_2

Масленников Г.Е., Осипов П.В., Богатова Т.Ф., Рыжков А.Ф., Назарова В.В., Замятина А.В., Ткаченко Е.А. *640*

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КРАСОЧНОГО ПИГМЕНТА ПИСАНИЦЫ ДВУГЛАЗЫЙ КАМЕНЬ (СРЕДНИЙ УРАЛ)

Панкрушина Е.А., Киселева Д.В., Шагалов Е.С., Широков В.Н. *642*

ОСАЖДЕНИЕ УРАНА ИЗ ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ СОЛЯНОКИСЛОТНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ УРАНСОДЕРЖАЩЕГО ШЛАМА

Наливайко К.А., Яковлева О.В., Абдрахманова А.К., Пастухов А.Д., Березина М.Э., Титова С.М. *644*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СЕРЫ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ОКИСЛЕНИЯ МЕТОДОМ РФА

Печищев И.В., Абрамов А.В., Ившина А.А., Устьянцев Ю.Г. 646

ФОТОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕНТАФТОР-АРИЛ-2Н-ИМИДАЗОЛОВ В ВОДНОЙ СРЕДЕ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В КАЧЕСТВЕ РН-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ФЛУОРОФОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РН СЛЮНЫ

Петухова А.А., Медведева М.В., Свалова Т.С., Козицина А.Н., Мосеев Т.Д., Вараксин М.В., Чупахин О.Н. 647

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ КАРБИДА НИОБИЯ

Пикуло А.А., Данилов Д.А., Курлов А.С. 649

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИ-(2-ЭТИЛГЕКСИЛ)ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ МЕТОДАМИ СПЕКТРОФОТОМЕРИИ И ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Платонова М.А., Хорькова А.Н., Данилов Д.А. 651

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОПЛАСТИКА В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Попиловская К.Л., Данилов Д.А., Селезнев А.А. 653

ТЕПЛОВАЯ ПРОВОДИМОСТЬ ФТОРИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ НЕПРЕДЕЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ С ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ ОБЪЕМОМ СМЕШЕНИЯ

Поволоцкий И.И., Волосников Д.В., Скрипов П.В., Марчукова А.А., Распутин Н.А. 655

РОЛЬ ПОДЛОЖКИ В ФОРМИРОВАНИИ ПЛЕНОК $Cd_XPb_{1-X}S$ ХИМИЧЕСКИМ ОСАЖДЕНИЕМ

Поздин А.В., Маскаева Л.Н., Марков В.Ф. 657

СИНТЕЗ ПЛЕНОК CdS НА СТЕКЛЕ ПО АММИАЧНО-ЩЕЛОЧНОЙ СХЕМЕ

Прибытов М.Д., Галиаскарова М.Р., Никифоров В.О., Данкова А.К. 659

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ АНАЛИЗА ОКСИДА СКАНДИЯ МЕТОДОМ АТОМНОЙ ЭМИССИИ С ДУГОВЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

Романова Д.О., Лисиенко Д.Г., Домбровская М.А. 661

ПРЕДСКАЗАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ФАЗ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ IV И V ГРУПП

Русских А.С., Балякин И.А., Красиков С.А., Жилина Е.М. 663

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF IN SITU GELS CONTAINING ACETAZOLAMIDE MICROSPONGES FOR OPHTHALMIC DELIVERY

Manar M. Obiedallah, Abdel-Mageed A.M., Tahani H. Elfaham 664

ВЛИЯНИЕ КИСЛОРОДА НА КИНЕТИКУ ДЕКОЛОРИЗАЦИИ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЕГО АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТОЙ

Савина А.С., Богатов Н.А., Болдырев В.С., Зоткин А.П. *665*

STABLE LEAD ISOTOPIC RATIOS IN SURFACE DEPOSITED SEDIMENT AS INDICATOR OF URBAN GEOCHEMICAL PROCESSESS

Reutova N., Seleznev A. *667*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛЕРОДА И ДРУГИХ КОМПОНЕНТОВ ЧУГУНОВ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА

Шихалеева М.А., Абрамов А.В., Ившина А.А., Шак А.В. *669*

АДСОРБЦИЯ ХРОМА (VI) НА МОНТМОРИЛЛОНИТЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ НАНОЖЕЛЕЗОМ

Шиленко Г.А., Ординарцев Д.П., Денисова Э.И., Ким А.В., Бубекова А.К. *670*

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ КОМПОЗИТОВ $(1-x)Eu_2(WO_4)_3-xWO_3$

Шульга О.С., Пестерева Н.Н., Гусева А.Ф. *672*

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОДОВ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ НА ОСНОВЕ НАНОТРУБОК ДИОКСИДА ТИТАНА И УГЛЕРОДА

Силенков С.Е., Потанина М.Д., Мартемьянов Н.А., Камалов Р.В, Вохминцев А.С., Вайнштейн И.А. *673*

ПГУ-ТЭЦ С ПОНИЖЕННЫМ УГЛЕРОДНЫМ СЛЕДОМ

Симанов Н.А., Масленников Г.Е., Лазебный И.П., Рыжков А.Ф. *675*

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF CONTROLLED TWO-JET PRECIPITATION CONDITIONS ON THE PROPERTIES OF ALUMINUM OXIDE

Solodovnikova P.A., Mashkovtsev M.A., Osolihina A.Y. *677*

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАЛЛАДИЯ ИЗ РАСПЛАВОВ ЭВТЕКТИЧЕСКОЙ СМЕСИ ХЛОРИДОВ ЛИТИЯ, КАЛИЯ И ЦЕЗИЯ

Стрепетов К.Е., Волкович В.А. *679*

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИКИ СОРБЦИИ СТРОНЦИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИМ СОРБЕНТОМ ТЕРМОКСИД-3К

Суетина А. К., Воронина А. В. *680*

ПОЛУЧЕНИЕ ДИОКСИД ЦИРКОНИЕВЫХ ПОРОШКОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕЙ КЕРАМИКИ

Султанова Д.Т., Хорошавцева Н.В., Зебзеева А.А., Митюшова Ю.А., Денисова Э.И., Карташов В.В., Денисова О.В. *682*

ИЗУЧЕНИЕ СЕЛЕКТИВНЫХ СВОЙСТВ ТИОКАРБАМОИЛИРОВАННОГО ПРОПИЛПОЛИСИЛОКСАНА

Сысолятина А. А., Мельник Е. А., Холмогорова А. С., Неудачина Л. К., Осипова В. А. ..683

РАЗРАБОТКА СТАДИИ РАЗДЕЛЕНИЯ СТРОНЦИЯ-90 И ИТТРИЯ-90 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕОРГАНИЧЕСКОГО СОРБЕНТА Т-3К

Тарасовских Т.В., Белоконова Н.В., Недобух Т.А., Кутергин А.С. 685

КИНЕТИКА СОРБЦИИ СКАНДИЯ И ПРИМЕСЕЙ АМФОЛИТОМ PUROLITE S950 ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ ИЗ ГИДРОЛИЗНОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Титова С.М., Наливайко К.А., Зинурова В.Э., Яковлева О.В., Евдокимов И.В., Липатова М.Е., Скрипченко С.Ю., Рычков В.Н., Кириллов Е.В. 687

ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛЛИЙСОДЕРЖАЩИХ ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВОВ

Токарев О.В., Волкович В.А. 690

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФРАКЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ПОРОШКОВ В ВИХРЕВОЙ КАМЕРЕ

Турубаев Р.Р., Шваб А.В. 692

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ La-ДОПИРОВАННОГО ГИДРАТАЦИОННОГО ОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Верещагин А. О., Машковцев М. А. 694

ВЫБОР РАБОЧЕЙ ФОРМЫ ИОНИТА ДЛЯ СОРБЦИИ ЛАНТАНА И ЦЕРИЯ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ

Яковлева О.В., Зинурова В.Э., Титова С.М., Малышев А.С., Евдокимов И.В., Липатова М.Е., Рычков В.Н. 695

ОКИСЛЕТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА УРАНА В РАСПЛАВЕ ЭВТЕКТИЧЕСКОЙ СМЕСИ ФТОРИДОВ ЛИТИЯ, НАТРИЯ И КАЛИЯ

Захарова В.В., Волкович В.А. 697

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛЕГИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА КЕРАМИКУ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Зебзеева А.А., Хорошавцева Н.В., Султанова Д.Т., Денисова Э.И. 698

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСХОДНОГО РАСТВОРА ОКСОНИТРАТА ЦИРКОНИЯ НА СВОЙСТВА ГИДРАТИРОВАННОГО ОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Жестева А.Н., Жиренкина Н.В., Машковцев М. А., Карташов В. В. 700

СОРБЦИЯ ЛАНТАНА И ЦЕРИЯ КАТИОНИТОМ DOWEX MARATHON C

Зинурова В.Э., Титова С.М., Яковлева О.В., Евдокимов И.В., Скрипченко С.Ю., Малышев А.С., Рычков В.Н. 702

Секция 5. Материаловедение 704

СИНТЕЗ И ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА $BaLaIn_{1-x}Sc_xO_4$

Абакумова Е.В., Галишева А.О., Тарасова Н.А., Анимица И.Е. *705*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРАНСФОРМАЦИИ ОРИЕНТАЦИОННЫХ СТРУКТУР КАПЕЛЬ НЕМАТИКА, ДОПИРОВАННЫХ ГОМЕОТРОПНЫМ СУРФАКТАНТОМ

Абдуллаев А.С., Крахалев М.Н. *706*

INVESTIGATION THE PRESSURE RELAXATION TIME OF N-DIMENSIONAL SPHERICAL BUBBLE WITHIN Fe_3O_4- NANOFLUID

A. K. Abu-Nab, A. F. Abu-Bakr *708*

THE (2+1)-DIMENSIONAL COUPLED CUBIC-QUINTIC COMPLEX GINZBURG-LANDAU EQUATIONS IN BINARY FLUID CONVECTION AND SOLITARY WAVE SOLUTIONS

Ehab S. Selima, Ahmed K. Abu-Nab, Adel M. Morad *709*

ВКЛАД НАНОЧАСТИЦ Al_2O_3 В СТРУКТУРУ И ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К ИЗМЕНЕНИЮ СКОРОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ НЕЛЕГИРОВАННОГО АЛЮМИНИЯ МАРКИ А0

Ахмадиева А.А., Кахидзе Н.И., Хрусталёв А.П., Жуков И.А. *710*

ОЦЕНКА ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ СТЕКЛЯННОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ PHY-X И РАСЧЕТНОГО КОДА GEANT 4

Аладаилах М. В., Ширманов И.А., Стругов Е. Д., Ташлыков О.Л., Эке К., Илдырым А. *712*

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ И ЛИТЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

Алексеев И.А., Аникеев А.Н., Чуманов И.В. *714*

СИНТЕЗ НОВЫХ АЗА- И ОКСО-ЗАМЕЩЕННЫХ БОРАЦИКЛОВ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛЮМИНОФОРОВ

Аль-Гези Басим, Сантра С., Ковалев И.С., Копчук Д.С., Зырянов Г.В., Чупахин О.Н. ... *716*

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ КАРБИДА КРЕМНИЯ В РАСПЛАВЛЕННЫХ СОЛЯХ НА ОСНОВЕ FLiNaK

Алимгулов Р.Р., Абрамов А.В., Трубченинова А.И., Половов И.Б., Чукин А.В., Жиляков А.Ю., Ребрин О.И. *718*

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ $EuCo_XFe_{1-X}O_{3-\Delta}$ ($0 \le X \le 1$)

Альхамова А. Д., Галайда А. П., Волкова Н. Е., Гаврилова Л. Я. *719*

СИНТЕЗ И ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА КИСЛОРОД-ДЕФИЦИТНЫХ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ФАЗ $Ba_2MZrO_{5,5}$ (M – Er, Yb)

Андреев Р.Д., Коровин С.А., Анимица И.Е. *721*

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ СВЕРХУПРУГОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ Ti-Zr-Nb С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ Zr

Барилюк Д.В. *723*

СТРУКТУРА И КИСЛОРОДНАЯ НЕСТЕХИОМЕТРИЯ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В СИСТЕМАХ Ln – Ba – Fe – Co – O (Ln=Dy, Ho)

Бастрон И.А., Волкова Н.Е., Гаврилова Л.Я. *725*

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ Al НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ, МИКРОСТРУКТУРУ И МИКРОТВЕРДОСТЬ КЕРАМИКИ ИЗ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕКОГО WC

Батенькова А.С., Курлов А.С. *727*

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМЕ Pr_2O_3–BaO–Fe_2O_3

Базуева М.В., Беляева М.В., Волкова Н.Е., Гаврилова Л.Я. *729*

СИНТЕЗ ОКСИДНЫХ НАНОПРОВОЛОК НА ЖЕЛЕЗОНИКЕЛЕВЫХ СПЛАВАХ ВНЕЗЕМНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Бегунова А.С., Яковлев Г.А., Камалов Р.В., Панкрушина Е.А., Гроховский В. И. *731*

НЕАДДИТИВНОСТЬ СВИНЦА, ОЛОВА И ИХ СПЛАВОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КАВИТАЦИИ И КОРРОЗИИ

Белоусов И.Ф., Керимов Р.С., Капустин С.Н., Костин А.А. *733*

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЛУЧАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ИБР-2 ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ МАТЕРИЛОВ

Белова М. О., Булавин М. В. *735*

ФАЗООБРАЗОВАНИЕ В ПЯТИКОМПОНЕТНОМ СПЛАВЕ VCrCoFeNi

Бельтюкова К.В., Балякин И.А., Юрьев А.А., Сидоров Н.И., Ремпель А.А. *736*

ГИДРОФОБИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ОБРАЗЦОВ ДРЕВЕСИНЫ КРЕМНЕЗЕМСОДЕРЖАЩИМ СОСТАВОМ

Беляев А.О., Килюшева Н.В., Данилов В.Е., Айзенштадт А.М. *738*

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА $La_2BaIn_{1.9}Ti_{0.1}O_{7.05}$

Бородулина Е.Н. *740*

ОТЖИГ ЖЕЛЕЗО-НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ВНЕЗЕМНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ СПИНОДАЛЬНОГО РАСПАДА

Брусницына Е.В., Муфтахетдинова Р.Ф., Яковлев Г.А., Подкин Е.С., Гроховский В.И. *741*

ОСОБЕННОСТИ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ В СИСТЕМЕ $YFeO_3$ – $YCoO_3$ НА ВОЗДУХЕ

Брюзгина А.В., Урусова А.С. *743*

СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДОГО РАСТВОРА $Gd_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-d}$

Бузина А.Ф., Черемных Н.А., Анохина И.А., Анимица И.Е. *745*

СИСТЕМА Sr-Ho-Fe-O: КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И КИСЛОРОДНАЯ НЕСТЕХИОМЕТРИЯ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ

Чекушина Я.В, Хвостова Л.В, Волкова Н.Е, Черепанов В.А. *747*

СИНТЕЗ И ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА НОВОГО СЛОЖНОГО ОКСИДА $BaLaIn_{0.5}Y_{0.5}O_4$ СО СТРУКТУРОЙ РАДДЛЕСДЕНА-ПОППЕРА

Черемисина П.В., Галишева А.О., Тарасова Н.А., Анимица И.Е. *749*

ФАЗООБРАЗОВАНИЕ НИОБИЙ-СОДЕРЖАЩИХ ВОЛЬФРАМАТОВ ВИСМУТА

Черемных А.В., Каймиева О.С., Буянова Е.С., Петрова С.А. *750*

СТРУКТУРНЫЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА САМОДОЛЕГИРОВАННОГО МАНГАНИТА $Tm_{2-x}Mn_xO_3$

Черепанова Л.А., Митрофанов В.Я., Эстемирова С.Х. *752*

ВИРТУАЛЬНАЯ СИМУЛЯЦИЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ

Чернецкий И.В., Карташов В.В. *754*

ТЕПЛОВОЙ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ПОРИСТЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Черных С.Е., Костин В.Н., Комоликов Ю.И. *755*

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И КОЭФФИЦИЕНТ ТЕРМОЭДС ПЛЕНОК $(In_2O_3/SiO_2)_{25}$

Четверикова А. П., Панков С.Ю., Зайцев Р.А., Каширин М.А. *757*

ПРОВОДИМОСТЬ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $LaIn_{1-x}Zn_xO_{3-1/2x}$

Егорова А.В., Терещенко А.Р., Белова К.Г., Анимица И.Е. *758*

LAYER THINNING AND ETCHING OF QUASI-1D TiS_3 NANORIBBONS USING RAMAN SPECTROSCOPY

El-Sayed M.A., Natalia V.D., Dmitry I.Ya. *760*

ВЛИЯНИЕ КОМПАКТИРОВАНИЯ ИСХОДНОЙ ШИХТЫ НА РАДИАЦИОННЫЙ СИНТЕЗ ИАГ:CE КЕРАМИКИ

Ермолаев А. В., Коржнева Т.Г., Карипбаев Ж.Т., Полисадова Е.Ф., Лисицын В.М. *761*

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОБЪЯСНЕНИЯ ТЕКСТУРЫ КРИСТАЛЛИТОВ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ Al_2O_3

Ерофеев М.Е., Чукин А.В. *763*

ЯМР ^{23}Na В СЛОЖНЫХ ВОЛЬФРАМАТАХ НАТРИЯ СО СТРУКТУРОЙ ТИПА NASICON

Федоров Д.С., Бузлуков А.Л., Денисова Т.А., Котова И.Ю. *765*

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕШЕТОЧНЫХ СВОЙСТВ SNSE НА ОСНОВЕ РАСЧЕТОВ ИЗ ПЕРВЫХ ПРИНЦИПОВ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Филанович А.Н., Повзнер А.А. *767*

ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ НЕФТЕПЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ КОРРОЗИИ

Фомичева Е.Н., Латыпов О.Р., Бондарь М.А. *768*

ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ В СИСТЕМАХ ИЗ СОЛЕЙ НАТРИЯ С НАЛИЧИЕМ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ

Фролов Е.И., Финогенов А.А. *770*

ПРОЦЕССЫ ГИДРАТАЦИИ В АКЦЕПТОРНО- И ДОНОРНО-ДОПИРОВАННЫХ ПРОТОННЫХ ПРОВОДНИКАХ НА ОСНОВЕ $BaLaInO_4$

Галишева А.О., Дмитриева А.А., Тарасова Н.А., Анимица И.Е. *772*

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК TI И ZR НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА Al-4%Cu

Гилёв И.О., Котенков П.В., Концевой Ю.В., Шубин А.Б. *773*

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРЕТНОГО ЭФФЕКТА НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БУМАЖНЫХ ОБЕЗЗОЛЕННЫХ ФИЛЬТРОВ

Гильфанова С.В., Галиханов М.Ф., Галеева Л.Р. *775*

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ОКСИДОВ $Sm_{0.4}Ba_{0.6}Fe_{1-x}Me_xO_{3-\delta}$ (Me = Ni, Co, Cu; x=0– 0.3)

Головачев И.Б., Немченко В.А., Трушников А.А., Килина А.А., Мычинко М.Ю., Волкова Н.Е. *776*

ПРОТОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ В НОВОМ СЛОЖНОМ ОКСИДЕ $La_2BaIn_{1.9}Zr_{0.1}O_{7.05}$

Иванова А.А., Галишева А.О., Тарасова Н.А., Анимица И.Е. *778*

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АМГ5, ЛЕГИРОВАННОГО ЭРБИЕМ

Кахидзе Н.И., Платов В.В., Хрусталёв А.П., Жуков И.А. 779

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ТРОЙНЫХ АЛЮМО-МЕДНО-МАГНИЕВЫХ КОМПОЗИТОВ

Калонов А.А., Кругликов Н.А., Волков А.Ю. 781

СОРБЦИЯ ХРОМА (VI) НА МЕХАНОАКТИВИРОВАННОМ ГРАФИТЕ

Печищева Н.В., Хачина И.В., Ким А.В., Эстемирова С.Х., Скрыльник М.Ю. 783

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИ СВОЙСТВ КЕРАМИКИ

Хорошавцева Н.В, Султанова Д.Т, Зебзеева А.А., Митюшова Ю.А., Денисова Э.И., Денисова О.В 784

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ГЕТЕРОФАЗНЫХ ОБРАЗЦОВ В СИСТЕМЕ НА ОСНОВЕ Al-СТАБИЛИЗИРОВАНОГО ИНДАТА БАРИЯ

Христова М.О., Алябышева И.В. 786

КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НИОБАТОВ ЛАНТАНОИДОВ, ЛЕГИРОВАННЫХ ИОНАМИ Bi^{3+}

Кисабекова А.А., Даулетбекова А.К. 787

СИНТЕЗ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШЕЕЛИТОПОДОБНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДОПИРОВАННОГО $SrMoO_4$

Климова А.В., Михайловская З.А., Буянова Е.С., Петрова С.А. 789

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕКСТУРНО-ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В АУСТЕНИТНЫХ ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ СТАЛЯХ МЕТОДАМИ МАГНИТНОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Кочнев А.В., Ригмант М.Б., Казанцева Н.В., Корх М.К., Коэмец Ю.Н. 791

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ В БИОСОВМЕСТИМОМ СПЛАВЕ Ti-6Al-4V, ПОЛУЧЕННОМ ЛАЗЕРНОЙ 3Д ПЕЧАТЬЮ

Коэмец Ю.Н., Давыдов Д.И., Ежов И.В., Казанцева Н.В., Карабаналов М.С., Коэмец О.А., Шаркеев Ю.П., Меркушев А.Г. 793

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМЕ $1/2Dy_2O_3$-SrO-CoO

Коломиец Е.С., Брюзгина А.В., Урусова А.С. 794

МЕХАНОАКТИВАЦИЯ ПОРОШКОВ КВАРЦЕВОГО ПЕСКА

Кононова В.М., Шаманина А.В., Данилов В.Е., Айзенштадт А.М. 796

ПОЛУЧЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ НАНОСТРУКТУР Fe_3O_4/h-BN МЕТОДОМ ПОЛИОЛЬНОГО СИНТЕЗА

Конопацкий А.С., Калинина В.В., Штанский Д.В. *798*

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ОТЖИГА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ХОЛОДНОКАТАНОГО БИОСОВМЕСТИМОГО СПЛАВА ТИТАНА

Коренев А.А., Кочешева Н.С., Илларионов А.Г. *800*

ГИДРАТАЦИЯ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ДОПИРОВАННОГО $BaLa_2In_2O_7$

Кремеш Х., Корона Д.В., Анимица И.Е. *802*

РАЗРАБОТКА ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ ПРОТИВ КАВИТАЦИОННОГО И ЭЛЕКТРОКОРОЗИЙННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОРОШКОВОЙ КРАСКИ С ДОБАВЛЕНИЕМ УНТ

Коршаков Н.А., Капустин С.Н. *804*

ФОРМИРОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УГЛОВ ПРЕДНАКЛОНА В ЖК ЯЧЕЙКАХ С ПЛАНАРНО-КОНИЧЕСКИМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ

Костиков Д.А., Крахалев М.Н. *805*

ЭФФЕКТЫ НЕАДДИТИВНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ МОЩНОСТИ КАВИТАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Костин А.А., Капустин С.Н. *807*

МОДИФИЦИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВО-КРЕМНИЕВЫХ СПЛАВОВ МАЛЫМИ ДОБАВКАМИ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Котенков П.В., Гилев И.О., Попова Э.А., Шубин А.Б. *809*

КИНЕТИКА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ В АМОРФНОМ СПЛАВЕ Cu50Zr42.5Ti7.5

Коваленко Д.А., Быков В.А., Куликова Т.В., Денисова Э.И. *810*

РАЗРАБОТКА НАНОСТРУКТУР Pt/h-BN ДЛЯ ГЕТЕРОГЕННОГО КАТАЛИЗА

Ковальский А.М., Волков И.Н., Матвеев А.Т., Лейбо Д.В., Конопацкий А.С., Штанский Д.В. *812*

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ТЕКСТУРЫ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Кривенок Д.А., Никульченков Н.Н., Данилов С.В., Лобанов М.Л. *814*

ПОЛЯРИЗОВАННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИ(9,9-ДИ-Н-ОКТИЛФЛУОРЕНИЛ-2,7-ДИИЛА) И КОМПЛЕКСОВ ЛАНТАНОИДОВ(III)

Крупин А.С., Карякин М.Е., Князев А.А., Галяметдинов Ю.Г. *816*

INVESTIGATION ON ELECTROREDUCTION OF Cu(II) USING A NANOCOMPOSITE TRACK MEMBRANE ELECTRODE

Kuklin I.E., Khlebnikov N.A., Polyakov E.V., Barashev N.R., Zdorovets M.V. *818*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ПРИ ОСАЖДЕНИИ НА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЧАСТИЦ ГИДРОКСИДОВ И ОКСИДОВ ХРОМА

Курасова Ю.Д., Жиренкина Н.В, Машковцев М.А, Карташов В.В *820*

СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В АРМИРОВАННЫХ ГРАФЕНОМ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИТАХ TI/G

Курбанова Э.Д., Полухин В.А. *822*

THE EFFECT OF TiO_2 CALCINATION FOR CuS/TiO_2 PHOTOCATALYST ON HYDROGEN EVOLUTION RATE

Kurenkova A.Yu, Zhurenok A.V., Saraev A.A., Kozlova E.A. *824*

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ДОПИРОВАННЫХ АЛМАЗНЫХ ПЛАСТИН МЕТОДАМИ ПОЗИТРОННОЙ АННИГИЛЯЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Кузив И. В., Капустин С. Н. *826*

ВЛИЯНИЕ АРХИТЕКТУРЫ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ Ti-Al-Ta-N НА ИХ МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Кузьминов Е.Д., Шугуров А.Р. *827*

МЕТОД ЭДС КАК ПРОСТОЙ ИНСТРУМЕНТ В ИЗУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ ИНТЕРКАЛАТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРИАДЫ ЖЕЛЕЗА (Me_xTiSe_2)

Кузнецова А. Ю., Суслов Е. А., Титов А. Н. *829*

СИНТЕЗ И СТРУКТУРА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Nd_{1-x}Ba_xCo_{1-y}Fe_yO_{3-d}$

Легонькова В.С., Аксенова Т.В. *831*

СТЕПЕНЬ КРИСТАЛЛИЧНОСТИ СУБФОССИЛЬНЫХ БИОГЕННЫХ АПАТИТОВ ПО ДАННЫМ ИНФРАКРАСНОЙ ФУРЬЕ СПЕКТРОСКОПИИ

Лепеха С.В., Киселёва Д.В, Косинцев П.А. *832*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ФАЗОВОГО ПОЛЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ОБЪЕМНОГО СИНТЕЗА

Лоос Е.М., Анимимова М.А. *834*

ВЛИЯНИЕ ФУЛЛЕРЕНОВ C_{60} НА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕЛЛУРИДА СВИНЦА

Лопатин А.Ю., Бавыкин В.В., Гребенников А.А. *836*

ПРЯМОЙ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ДВУХСЛОЙНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИТАХ НА ОСНОВЕ МАРГАНЕЦ-ЦИНКОВОГО ФЕРРИТА И ЦИРКОНАТА-ТИТАНАТА СВИНЦА

Лунь А.Ю., Алтухов В.А., Калгин А.В. *838*

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СЛОЖНООКСИДНЫХ ФАЗ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В СИСТЕМЕ Sr-Pr-Co-O

Власова М.А., Маклакова А.В, Волкова Н.Е., Черепанов В.А. *839*

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ 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. *841*

ВЛИЯНИЕ ТЕКСТУРЫ НА ШТАМПУЕМОСТЬ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА

Мамылин Д.А., Серков К.В., Берестова С.А. *843*

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ТЕРМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА НА СТРУКТУРНЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА g-C_3N_4

Мартемьянов Н.А., Ильяшенко И.Н., Байнов И.Н., Камалов Р.В., Вохминцев А.С., Вайнштейн И.А. *844*

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ СПИРАЛЬНОГО ГАЗООХЛАДИТЕЛЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ CFD МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭРОЗИОННОГО ИЗНОСА

Масленников Г.Е., Микула В.А., Богатова Т.Ф. *846*

СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ $Ba_2In_2O_5$–Ba_2InMO_6 (M=Nb, Ta) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ

Орлова К.А., Матвеев Е.С., Кочетова Н.А. *848*

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МОДИФИКАТОРА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ХЕМОЭЛЕКТРЕТОВ НА ОСНОВЕ ОЛИГОМЕРА DER-331

Микрюкова Я.К, Мочалова Е.Н., Галиханов М.Ф *849*

ВЛИЯНИЕ МОНТМОРИЛЛОНИТА НА ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРЕТНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИПРОПИЛЕНА

Минзагирова А.М., Галиханов М.Ф., Хайруллин Р.З. *852*

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕКСТУРЫ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В СПЛАВЕ Ti-6Al-4V

Насчетникова И.А., Степанов С.И., Муллер-Камский Г., Попов В.В., Карабаналов М.С., Редикульцев А.А., Лобанов М.Л. *854*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ НАНОПОРОШКОВ (ZrO_2-Y_2O_3) И Al_2O_3 В ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИЯХ (ZrO_2-Y_2O_3) - (ZrO_2-Y_2O_3) И (ZrO_2-Y_2O_3)-Al_2O_3

Нестерова И.А., Денисова Э.И., Карташов В.В.....855

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТНОЙ СТРУКТУРЫ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ФЕРРИТОВ, СОДЕРЖАЩИХ ПРИМЕСЬ $SrFe_{12}O_{19}$

Никитин С.С., Меркулов О.В., Патракеев М.В. 857

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОСТОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА СПЛАВА Ti–6Al–4V, ИЗГОТОВЛЕННОГО МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО СПЛАВЛЕНИЯ

Николаева А.В., Пушилина Н.С. 859

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРИ РЕМОНТЕ УЧАСТКОВ ГАЗОПРОВОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ ДЕФЕКТЫ КРН ГЛУБИНОЙ ДО 10% СТЕНКИ ТРУБЫ

Рыбалко В.Г., Новгородов Д.В., Сурков А.Ю., Рыбалко С.В., Губанов Я.В. 860

ИНИЦИИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ В ПОЛУПРОЗРАЧНОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ МАТЕРИАЛЕ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ В УСЛОВИЯХ СОПРЯЖЕННОГО ТЕПЛООБМЕНА

Овчинников Е.Н. 862

ПРОВОДИМОСТЬ ДОПИРОВАННОГО $La_2ScZnO_{5.5}$

Пачина С.П., Белова К.Г., Егорова А.В., Анимица И.Е. 864

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ СТРУКТУР $(In_2O_3/SiO_2)_{25}$

Панков С.Ю., Жилова О.В., Макагонов В.А., Каширин М.А., Фошин В.А., Четверикова А.П. 866

INVESTIGATION OF LA0.9M0.1MNO3±Y (M = LI – CS) SYNTHESIS CHARACTERISTICS AND CHARGE GENERATION POSSESS DURING THE COMBUSTION OF ORGANO-NITRATE PRECURS

Permiakova A.E., Russkikh O.V., Ostroushko A.A. 867

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОРОШКА ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ НА ПЛОТНОСТЬ СПЕЧЕННОЙ КЕРАМИКИ

Поливода Д.О., Харисова К.А., Косых А.С., Гордеев Е.В., Гурьянова А.А., Буйначев С.В. 869

ВЛИЯНИЕ БЛИЖНЕГО И ДАЛЬНЕГО ПОРЯДКА НА КИНЕТИКУ ВЫДЕЛЕНИЯ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ В СПЛАВЕ С4

Путинцева Е.Д., Тимошина Е.В., Попкова Д.С., Жиляков А.Ю., Беликов С.В. 871

РАЗМЫТИЕ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КЕРАМИКЕ $Ba_{1-X}Sr_XTiO_3$

Гриднев С.А., Попов И.И. *873*

SYNTHESIS AND STUDY OF SULFIDE CATALYSTS FOR PHOTOCATALYTIC HYDROGEN PRODUCTION

Potapenko K.O., Kurenkova A.Yu., Kozlova E.A. *874*

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ $Fe_{0.5}Co_{0.5}$ МЕТОДАМИ РЕЗОНАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Прокопьев Д.А., Гермов А.Ю., Михалёв К.Н., Голобородский Б.Ю., Уймин М.А., Ермаков А.Е., Конев А.С. *876*

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК CdSeCdS И ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ

Романова К.А., Галяметдинов Ю.Г. *877*

ФРАКТОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЛОПАТКИ ТУРБИНЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Рыбалко В.Г., Новгородов Д.В., Сурков А.Ю., Рогова Е.А *879*

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПОДЛОЖЕК

Седухин В.В., Аникеев А.Н., Чуманов И.В. *881*

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ МАГНИЕВОГО СПЛАВА МЛ12, УПРОЧНЕННОГО НАНОЧАСТИЦАМИ AlN

Селиховкин М.А., Валихов В.Д., Ахмадиева А.А., Ворожцов А.Б. *883*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СИЛИКОНОВОГО КОМПОЗИТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ГИБРИДНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ

Семенуха О.В., Шалыгина Т.А., Воронина С.Ю. *885*

SIMULATION OF THE LIQUID METAL FLOW AT THE END OF A ROTATING CONSUMABLE ELECTRODE IN THE ESR PROCESS

Sergeev D.V., Chumanov I.V., Chumanov V.I. *886*

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В ДВОЙНЫХ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ МАНГАНИТАХ СОСТАВА $LnBaMn_2O_{6-\delta}$ (Ln = Nd, Sm)

Шаламова А.М., Сунцов А.Ю. *888*

$SrFe_{12}O_{19}$ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕСИ В ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ФЕРРИТАХ

Шамсутов И.В., Меркулов О.В., Патракеев М.В. *889*

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИЛАКТИДА С АЭРОСИЛОМ

Шарипова Г.Ф., Камалова Р.И., Загидуллина И.А., Галиханов М.Ф. *892*

ОЦЕНКА ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ СТЕКОЛ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОКСИДА ГОЛЬМИЯ ОТ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Ширманов И. А., Стругов Е. Д., Аладаилах М. В., Ташлыков О. Л., Абиалсаид М. И., Аскин А. *894*

HIGH-TEMPERATURE REDOX BEHAVIOUR OF DOUBLE PEROVSKITE Ba_2CuWO_6

Shishkin R.A., Suntsov A.Yu. *895*

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ПРОДОЛЬНОГО СВАРНОГО ШВА ТРУБЫ

Шлеенков А.С., Новгородов Д.В., Коновальчук В.О. *897*

МЕХАНОСИНТЕЗ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ГРАФИТА И ОКСИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Скрыльник М.Ю., Печищева Н.В., Эстемирова С.Х. *899*

СИНТЕЗ, ТЕРМИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕРОВСКИТОВ НА ОСНОВЕ $CeAlO_3$

Смелов А.О., Корона Д.В., Анимица И.Е. *902*

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ С СОДЕРЖАНИЕМ АЗОТА

Шалимов М.П., Березовский А.В., Смоленцев А.С. *904*

СТРУКТУРА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ $Y_{1.2}Ba_{1.8}Fe_{3-x}CO_xO_{8+\delta}$ (x=1.02, 1.05 И 1.08)

Соломахина Е.Е., Брюзгина А.В., Урусова А.С. *906*

ОЦЕНКА ЭКРАНИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТЕКЛЯННОЙ СИСТЕМЫ Na_2O-B_2O_3-Bi_2O_3-MoO_3 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОДА GEANT4 И БАЗЫ ДАННЫХ XCOM

Стругов Е.Д., Ширманов И.А., Аладаилах М.В.А., Ташлыков О.Л., Аль-Буриахи М.С. ... *908*

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ, СНИЖАЮЩИХ РИСК ЗАРОЖДЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ДЕФЕКТОВ КРН

Рыбалко С.В., Рыбалко В.Г., Новгородов Д.В., Сурков А.Ю., Черных С.Е. *910*

ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ МНОГОФАЗНЫЕ МЕДНО-ТИТАНОВЫЕ ПОКРЫТИЯ ОСАЖДЕННЫЕ НА СПЛАВ С17200

Терюкалова Н.В., Новицкая О.С. *912*

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Ba_{1-x}Ln_xFe_{1-y}Co_yO_{3-d}$ (Ln=Eu, Gd)

Трапезникова Е.В., Волкова Н.Е., Черепанов В.А. *914*

ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ НА КОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ХН62М В СОЛЕВЫХ РАСПЛАВАХ НА ОСНОВЕ FLINAK

Трубченинова А.И., Абрамов А. В., Алимгулов Р.Р., Половов И.Б., Гибадуллина А.Ф., Золотарёв Д.А., Жиляков А.Ю., Хотинов В.А., Беликов С.В. *916*

NIR ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ В МОДИФИЦИРОВАННОМ УГЛЕРОДОМ ДИОКСИДЕ ТИТАНА С АНАТАЗ/БРУКИТНОЙ МАТРИЦЕЙ

Ульянова Е. С., Замятин Д. А., Красильников В. Н., Гырдасова О. И., Самигуллина Р. Ф., Шалаева Е. В *918*

СТРУКТУРА ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ $Y_2Ba_3Fe_{5-x}Co_xO_{13-\delta}$

Урусова А.С., Брюзгина А.В., Соломахина Е.Е. *920*

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОМАТРИЧНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ, УПРОЧНЁННОГО БАЗАЛЬТОВЫМИ ВОЛОКНА

Валихов В.Д., Хрусталёв А. П., Жуков И. А., Ворожцов А. Б. *921*

СИНТЕЗ КЕРАМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН ZrO_2-Y_2O_3 МЕТОДОМ ПРОПИТКИ ВИСКОЗНОЙ ВАТЫ

Валинурова А.Ф., Титова С.М., Закиров И.Ф., Шак А.В., Афонин Ю.Д. *923*

СИНТЕЗ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО КАРБИДА ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В СОЛЕВОМ РАСПЛАВЕ

Вараксин А.В., Ремпель А.А. *925*

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА МАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ОБЪЕКТОВ ИЗ СПЛАВОВ Fe-Ni

Костин В.Н., Сербин Е.Д., Василенко О.Н., Перов В.Н. *927*

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМЕ $1/2Dy_2O_3$–SrO–$1/2Fe_2O_3$ ПРИ 1100°C

Визнер А.С., Брюзгина А.В., Урусова А.С. *929*

НАНОСТРУКТУРЫ (Cu,Zn)/h-BN ДЛЯ ГЕТЕРОГЕННОГО КАТАЛИЗА

Волков И.Н., Конопацкий А.С., Лейбо Д.В., Ковальский А.М., Штанский Д.В. *930*

СОЗДАНИЕ ТОНКИХ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ СЛОЕВ В ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ДЕТЕКТОРАХ НА ОСНОВЕ КОРУНДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИК-НАГРЕВА

Волошин А.М., Абашев Р.М., Аглетдинов М.Р., Мильман И.И., Сюрдо А.И. *932*

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПИСАНИЕ ТЕКСТУРЫ ПО ОБРАТНЫМ ПОЛЮСНЫМ ФИГУРАМ

Воронцов М.А., Берестова С.А., Серков К.В. *934*

ТЕРМОДИНАМИКА РАЗУПОРЯДОЧЕНИЯ $YBaCo_2O_{6-\delta}$

Яговитин Р.Е., Иванов И.Л., Зуев А.Ю., Цветков Д.С., Малышкин Д.А., Середа В.В. *935*

ПРИЧИНЫ ПОВЫШЕННОГО РАЗБРОСА МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕАКТОРНОГО ИЗДЕЛИЯ ИЗ СПЛАВА Zr-2,5% Nb

Ярков В.Ю., Аверин С.А., Пастухов В.И., Устинов А.Е., Цыгвинцев В.А., Вельмогин Д.Н., Лобанов М.Л. *937*

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ZrO_2- 7МАСС.% Y_2O_3, СИНТЕЗИРОВАННОГО ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ОСАЖДЕНИЯ

Закиров И.Ф., Валинурова А.Ф., Шак А.В. *939*

АПРОБАЦИЯ МЕТОДА СОВМЕСТНОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ (JPD-МЕТОДИКА) ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОНЕОДНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Замятин Д.А., Давлетшина А.А. *941*

ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПОМОЩИ ХИМИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНООБЪЕКТОВ

Зелянина Е.А., Капустин С.Н., Сидоров Д.Б. *944*

COMPOSITES BASED ON SOLID SULFIDES SOLUTIONS OF CADMIUM AND ZINC AND TITANIUM DIOXIDE FOR THE PHOTOCATALYTIC HYDROGEN EVOLUTION UNDER VISIBLE LIGHT

Zhurenok A.V., Cherepanova S.V., Kozlova E.A. *946*

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕКСТУРЫ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ В МЕДНОЙ КАПИЛЛЯРНОЙ ТРУБКЕ

Зорина М. А., Абзалова А. А., Карабаналов М. С. *948*

ТВЕРДОФАЗНЫЙ СИНТЕЗ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ КЕРАМИК НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ АЛЮМИНИЯ, ИТТРИЯ И ТИТАНА

Фролов Е.И., Чуркин В.Ю., Марков А.А., Звонарев С.В. *951*

СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ Ni – In

Звягинцева А.В., Самофалова А.С. *953*

ВЫРАЩИВАНИЕ ДОПИРОВАННЫХ БОРОМ НАНОТРУБОК ДИОКСИДА ТИТАНА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ВОДЫ

Зыков Ф.М., Юферов Ю.В., Попов И.Д., Карташов В.В. *955*

Секция 6. Информационные системы и технологии 957

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОЦЕНКИ СТАБИЛЬНОСТИ ЛОКАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ
Алеева А.Р., Бахрачева Ю.С. *958*

NOISE DATA IMPACT ON CATASTROPHIC INTERFERENCE OF SPIKING NEURAL NETWORKS
Antonov D.I. *960*

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ АТАК НА БЕСПРОВОДНЫЕ СЕТИ
Бахрачева Ю.С. *961*

АЛГОРИТМ ОТБОРА ВИДА ДИССИПАТИВНОЙ ФУНКЦИИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА МАКСИМАЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭНТРОПИИ
Банников И.К., Мартюшев Л.М. *963*

АНАЛИЗ РАЗНООБРАЗИЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ В МОДЕЛИ СВЯЗАННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ
Беляев А.В., Ряшко Л.Б. *965*

РАЗРАБОТКА НЕЙРОСЕТЕВОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЙ В КВАНТОВОЙ ИГРЕ HEX
Бикмурзин М.А., Мазуренко В.В. *966*

INDICATORS OF CLASSICALITY/QUANTUMNESS OF FINITE- DIMENSIONAL SYSTEMS
Bures M., Abbasly N., Abgaryan V., Khvedelidze A., Rogojin I., Torosyan A. *968*

ВЛИЯНИЕ НЕИЗОТЕРМИЧНОСТИ НА ПОТЕРЮ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ РАДИАЛЬНОМ ВЫТЕСНЕНИИ ЖИДКОСТИ В ЯЧЕЙКЕ ХЕЛЕ-ШОУ
Черноскутов А.С, Мартюшев Л.М. *969*

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ЭПР РН-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ НИТРОКСИЛЬНЫХ РАДИКАЛОВ В ПОРИСТЫХ И НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ
Давыдов Д.Р., Ковалева Е.Г., Антонов Д.О. *971*

SPIN DYNAMICS SIMULATION OF MULTILAYER SYSTEM
Deviatov A.Ia., Mazurenko V.V. *972*

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СЕТЕВОГО ТРАФИКА МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
Дудникова А.И. *974*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕБ-ПОРТАЛА ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ

Елизаров С.С., Варфоломеев В.Г., Лимановская О.В., Варлашов Е.М. *976*

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПАССАЖИРОПОТОКА НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

Еременко В.И...... *978*

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ СОЗДАНИЯ ГОЛОСОВОГО РОБОТА

Ермакова Н.Н., Семенов Е.С. *980*

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА В ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНАХ

Фатеев А.С...... *981*

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПАССИВНОГО ОТВОДА ТЕПЛА ОТ ШАХТЫ-ХРАНИЛИЩА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ИВВ-2М ПРИ ПОМОЩИ ТЕРМОСИФОНОВ

Глухов С.М., Климова В.А., Ташлыков О.Л., Шумков Д.Е., Лёзов А.Д...... *982*

АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ MIMO OFDM

Гомазкова Л.К., Семенов Е.С. *985*

ДЕКОДИРОВАНИЕ КОДОВ КОРРЕКЦИИ ОШИБОК С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Башкиров А.В., Хорошайлова М.В...... *987*

ИЗУЧЕНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ ПО РЕМОНТУ И РЕСТАВРАЦИИ УНИКАЛЬНОГО ИСТОРИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА «ДОМ МАРФЫ СЕМЕНОВНЫ КРЮКОВОЙ», РАСПОЛОЖЕННОГО В ДЕРЕВНЕ НИЖ

Иванова Е.Д...... *989*

О ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ И МЕТОДАХ РАСПОЗНАВАНИЯ

Касоян К.Ф., Соловьева С.Н. *990*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДРЕВОВИДНЫХ ТЕПЛОВЫХ СТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ В ПАКЕТЕ COMSOL MULTIPHYSICS

Керекелица И.В., Звонарев К.В., Мартюшев Л.М. *991*

СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ СМАРТФОНА С ИНТЕРФЕЙСОМ BLUETOOTH

Хорошев А.А., Огородников И.Н...... *993*

ОПТИМАЛЬНЫЙ ПО ВРЕМЕНИ АЛГОРИТМ НАВЕДЕНИЯ МЕХАНИЗМА ПЕРЕГРУЗКИ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА В РЕАКТОРАХ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

Кинева Д.А., Долгий Ю.Ф., Сесекин А.Н., Ташлыков О.Л. *995*

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОВЫХ ТЕЧЕНИЙ В МОЛЕКУЛЯРНОМ НАСОСЕ ХОЛЬВЕКА

Кириченко В.А., Токманцев В.И. *997*

ОБРАБОТКА ДАННЫХ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ ВТОРИЧНЫХ ИОНОВ: АНАЛИЗ ПРОБ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ ЗА 2020 ГОД

Киселев С.С., Александров О.Е., Коваленко М.А., Купряжкин А.Я., Маркелов Ю.И., Поддубный В.А., Щелканов А.А., Гадельшин В.М. *998*

АНАЛИЗ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПАТТЕРНОВ В МОДЕЛЯХ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ДИНАМИКИ

Колиниченко А.П., Ряшко Л.Б. *1000*

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНЫХ РЕКУРРЕНТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ С МЕХАНИЗМОМ ВНИМАНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ В РАБОТЕ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

Коцоев К.И., Кацер Ю.Д., Козицин В.О. *1001*

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА ОСНОВЕ УЧЕТА ДЕФЕКТНОСТИ ПРОВОДОВ И ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ

Лисовенко А.С., Лимановская О.В. *1003*

МАЛОГАБАРИТНАЯ АЭС МАЛОЙ МОЩНОСТИ С ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ ДЛЯ АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Литвинов Д.Н., Костарев В.С., Ширманов И.А., Щеклеин С.Е., Мищихин А.А. *1004*

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЯТИПОТОЧНЫХ КАСКАДОВ С ЗАДАННЫМ ЧИСЛОМ ГАЗОВЫХ ЦЕНТРИФУГ В СТУПЕНЯХ ДЛЯ ОЧИСТКИ РЕГЕНЕРИРОВАННОГО ГЕКСАФТОРИДА УРАНА ОТ 232, 234, 236U

Лубнин С.С., Палкин В.А. *1005*

РАЗВИТИЕ СПОСОБА РАСЧЕТА РЕСУРСНО-РЕЗУЛЬТАТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

Мальцев А.Ю., Гольдштейн С.Л., Грицюк Е.М. *1006*

ИНТЕРАКТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЭЛЕМЕНТА ТРУБОПРОВОДА

Муравьев Л.А., Нархов Е.Д., Сергеев А.В., Сапунов В.А. *1008*

ИНТЕГРАЦИЯ ПРОГРАММ CAE И CAM В СОСТАВЕ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА
Огородников А.И. *1010*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ МОЩНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ДИОДОВ ПО ТОКОВОЙ ЗАВИСИМОСТИ ИХ СПЕКТРАЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
Паршин В.А., Савинов Н.С., Селиванов А.А., Близнюк В.В., Тарасов А.Е. *1012*

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ РАБОТЫ КАБИНЕТА КАТАМНЕЗА ДЕТСКОГО МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
Полетаева Е.В., Гольдштейн С.Л., Грицюк Е.М. *1014*

ВИБРОСТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДИМОСТИ СМЕСЕЙ ПРОВОДЯЩИХ И НЕПРОВОДЯЩИХ ЧАСТИЦ
Позигун Г.А., Мартюшев Л.М. *1016*

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ ИНТЕГРАЦИИ РОССИЙСКИХ САПР
Проничев И.М., Огородникова О.М. *1018*

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО ЭЛЕКТРОШУМОВЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ
Распопов Д.А., Белоусов П.А. *1020*

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ КОМПЛЕКСА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ
Потеряев С.Н., Розаненков И.Э., Сивинских И.А., Ташлыков О.Л. *1022*

УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДРЕВОВИДНЫХ СТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ
Русова Д.А., Мартюшев Л.М. *1024*

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА С ЭЛЕМЕНТАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ (КЗ) ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ (ВВ) С ПОМОЩЬЮ БОЛА-ПОДОБНЫХ СЕНСОРОВ
Садиева Л.К., Ковалев И.С., Тания О.С., Зырянов Г.В., Копчук Д.С., Чупахин О.Н. *1026*

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СРАВНЕНИЯ ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ АВТОРОВ
Салахутдинов А.Н. *1028*

ВЫБОР ПРОТОТИПА МОДЕЛИ ДЕФОРМАЦИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗАДАЧЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СМЕЩЕНИЙ ПО МРТ-ИЗОБРАЖЕНИЯМ
Семёнов Н.С., Соловьёва С.Н. *1030*

РАСЧЕТ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПИРАМИДАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ
Денисов А.Ю., Нархов Е.Д., Сапунов В.А., Сергеев А.В., Евдокимов В.В. *1032*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ В ШАХТЕ-ХРАНИЛИЩЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ИВВ-2М
Шумков Д.Е., Ташлыков О.Л. *1034*

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАСТУПЛЕНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ И СРОКА РОДОРАЗРЕШЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКО ПО АНАМНЕЗУ ПАЦИЕНТКИ
Синотова С.Л., Лимановская О.В., Плаксина А.Н., Макутина В.А. *1036*

СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЭКСПОРТНОГО КОНТРОЛЯ В РАДИОИЗОТОПНОЙ ПРОДУКЦИИ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
Скрипов А.П. *1037*

НАУЧНЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ВЕБ СЕРВИС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОСТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ В ПРОЦЕССЕ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ
Слышева А.Г., Низовцева И.Г., Стародумов И.О., Вихарев С.В. *1039*

РАЗРАБОТКА РУКОВОДСТВА ПО ПОДГОТОВКЕ ОТЧЕТА ОБ ОЦЕНКЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ДЛЯ ЦЕНТРА ЯДЕРНОЙ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ ВЬЕТНАМА
Та Ван Тхыонг, Ташлыков О.Л., Фам Хак Туйен, Ву Хоанг Хай *1041*

АНАЛИЗ ДЛИН ПРЕДЛОЖЕНИЙ В ТЕКСТАХ ПУБЛИЧНЫХ ВЫСТУПЛЕНИЙ НА МАТЕРИАЛЕ ЕЖЕГОДНЫХ ВЫСТУПЛЕНИЙ ЛИДЕРОВ ПАРТИЙ ВЕЛИКОБРИТАНИИ
Цижмовска Н.Л., Мартюшев Л.М. *1043*

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ РАДИАЦИОННО-ОПАСНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ БН-600
Завадский Д.И., Ташлыков О.Л. *1045*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ
Жарков Г.В., Бабенко А.А. *1047*

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ЗАЩИТЫ ПОМЕЩЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ ОХРАНЫ
Звонарев В.С., Бахрачева Ю.С. *1049*

Секция 7. Биоинженерия и биотехнологии 1051

THE ROLE OF CLUSTERIZATION PARTICLES IN MAGNETIC HYPERTHERMIA AFFECTED BY A MAGNETIC FIELD

Ali Abu-Bakr, Andrey Zubarev 1052

ТЕФЛОН-4 В ВЫСОКОДОЗНОЙ ЭПР-ДОЗИМЕТРИИ ДЛЯ РУТИННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Агданцева Е.Н., Мильман И.И., Цмокалюк А.Н., Снегирев А.С. 1053

СРАВНЕНИЕ И АНАЛИЗ ЭПР-СПЕКТРОВ ТЕФЛОН-4 И ТЕФЛОН-40

Аглетдинов М.Р., Агданцева Е.Н., Цмокалюк А.Н., Мильман И.И. 1055

СЕМАНТИЧЕСКАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОРАЖЕНИЙ ЛЕГКИХ, ВЫЗВАННЫХ ИНФЕКЦИЕЙ SARS-COV-2, МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Артемьев М.С., Смирнов А.А. 1057

BRACHYTHERAPY IN THE TREATMENT OF CANCEROUS (MALIGNANT) DISEASES

Arzhelovskaya A.A., Smirnov A.A. 1058

ПРИЛОЖЕНИЕ С ГРАФИЧЕСКИМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИМ ИНТЕРФЕЙСОМ ПО СЕГМЕНТАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ МИКРООБЪЕКТОВ СРЕДСТВАМИ MATLAB

Аюпова А.В., Низамова А.Р., Смирнов А.А. 1060

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АНАЛИЗА Т-ТУБУЛЯРНОЙ СЕТИ В МИОЦИТАХ СЕРДЦА КРЫС

Байнова В.К., Михрякова П.П., Мячина Т.А., Бутова К.А., Хохлова А.Д. 1061

РАСПОЗНАВАНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ С ПОМОЩЬЮ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКСЕЛЕРОМЕТРА С ОТЛАДОЧНОЙ ПЛАТЫ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Белоусов И.И., Смирнов А.А. 1063

ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ ПЛАВЛЕНИЯ ФРАГМЕНТОВ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ

Белов Д.А., Белов Ю.В. 1064

МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ПРОТОКЛЕТОК, ОСНОВАННАЯ НА АКТИВНОМ ТРАНСПОРТЕ ВЕЩЕСТВ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНУ

Мелких А.В., Бондарь В.В. 1066

СУПЕРГИДРОФОБНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ИЗДЕЛИЯХ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ
Будницкая С.И., Киселева М.С., Сафонов А.И. *1067*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИАКРИЛАМИДНОГО ФЕРРОГЕЛЯ ОТ СОДЕРЖАНИЯ МАГНИТНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ
Бугаёва А.В., Шкляр Т.Ф. *1069*

СЕГМЕНТАЦИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В КАМЕРЕ ГОРЯЕВА С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМОВ RANDOM FOREST И XGBOOST
Вертенбергер Е.И., Чечулина М.Ю., Смирнов А.А. *1071*

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА НА ПРОРАСТАНИЕ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ВИДА ERUCA VESICARIA
Чернобровкин Т.В., Вазиров Р.А., Соковнин С.Ю. *1072*

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ОПУХОЛЕВО-ИММУННОЙ МОДЕЛИ В УСЛОВИЯХ ХИМИОТЕРАПИИ
Чухарева А.А., Башкирцева И.А. *1074*

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННОГО СИГНАЛА В СЕМЕНАХ ПШЕНИЦЫ МЕТОДОМ ЭПР
Чуманова А.А., Вазиров Р.А., Соковнин С.Ю., Цмокалюк А.Н. *1075*

THE RAT'S GASTROINTESTINAL TRACT DOSE DUE TO INNER IRRADIATION BY "HOT" PARTICLES
Denisova E.N., Medzhidov I.M., Kurachenko Yu.A. *1077*

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТОВ ИЗ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ
Драган И.М., Киселева М.С., Мышкина А.В., Кульминская Н.Е. *1079*

РАСПОЗНАВАНИЕ ПОЛА И БИОМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
Дуйкова С.О., Смирнов А.А. *1080*

РАЗРАБОТКА ОБУЧАЕМОГО МОДУЛЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД ОБУЧАЕМОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ
Егорова А.В., Мазинг М.С., Зайцева А.Ю. *1081*

CHALLENGES AND PROSPECTS OF WHITE BIOTECHNOLOGY. AN OVERVIEW
Essiedu J.A., Kovaleva E.G. *1083*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПРИГОДНОСТИ ПЛАСТИКА PLA ПОСЛЕ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПУЧКОМ ЭЛЕКТРОНОВ

Гасилова Е.К., Вазиров Р.А., Минин А.С., Ивановских К.В. *1084*

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СЫРА МАРКИ «РОССИЙСКИЙ»

Гейде И.В., Селезнева И.С., Шевнина И.С. *1086*

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОТЕКТИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ РАДИОМОДИФИКАТОРОВ

Герасимов А.С., Вазиров Р.А., Соковнин С.Ю *1088*

EFFECT OF PURE A-AMYLASE UTILIZATION ON THE B-GLUCAN CONTENT AND THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF OAT-DRINK

Ibrahim M.N.G., Jõudu I., Barakova N.V. *1090*

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ В ВОДЕ С ПОМОЩЬЮ НАНОСТРУКТУР

Какорин И.А., Какорина О.А., Запороцкова И.В. *1092*

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ КАПИЛЛЯРНОЙ ТЕСТ-СИСТЕМЫ НА БУМАЖНОЙ ОСНОВЕ

Хасанова А.Ф., Чувашов Р.Д., Баранова А.А., Хохлов К.О., Вербицкий Е.В. *1093*

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ СЕРДЦА

Комаристая М.Э., Хамзин С.Ю., Путрик М.Б. *1095*

МАГНИТОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКА ФЕРРОЖИДКОСТИ В КРОВЕНОСНЫХ СОСУДАХ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ: ФОКУС НА МАГНИТНЫЕ СИСТЕМЫ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ

Козлов Н.В., Волчков С.О., Бляхман Ф.А., Тимохина В.Э, Честухин В.В., Курляндская Г.В. *1096*

РАДИАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА КАРТОФЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ПУЧКА УСКОРЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ

Краснослободцев А.В., Аль-Маадиди Абдуллах Лайт Салих, Селезнева И.С., Баранова А.А., Бажукова И.Н. *1098*

СОЗДАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ШТАТИВА ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИОННОГО МИКРОСКОПА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОТОХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ

Крайнова А.А., Карякина О.Е., Оруджова О.Н., Карякин А.А. *1099*

EVALUATION OF LONG-TERM COMPLICATIONS FOR A PATIENT WITH HEAD AND NECK CANCER
Kurzyukova Anastasia, Odlozilikova Anna.....1101

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ТУЧНЫХ КЛЕТОК ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ
Лейберова А.К., Храмцова Ю.С......1102

MODERN WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGIES
Lwamba Ch.B., Ivantsova M.N......1104

О ВОЗМОЖНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ФЕНОТИПОВ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ
Марков Н.С., Ушенин К.С., Божко Я.Г., Соловьёва О.Э. 1105

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕМТОСЕКУНДНОЙ ЛАЗЕРНОЙ НАНОХИРУРГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИБРИДОВ РАСТЕНИЙ
Мартиросян Д.Ю., Залесский А.Д., Мартиросян Л.Ю., Осыченко А.А., Точило У.А., Надточенко В.А. 1106

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦЕРИЯ В МАЛЬТОДЕКСТРИНОВОЙ ОБОЛОЧКЕ
Маслова С.А., Бажукова И.Н., Мышкина А.В., Бакшеев Е.О., Машковцев М.А., Офицерова Н.Ю. 1109

РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ДОЗ ГАММА ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ БРАХИТЕРАПИИ ОРГАНОВ ГОЛОВЫ И ШЕИ ИСТОЧНИКОМ 252CF
Меджидов И.М., Денисова Э.Н., Кураченко Ю.А......1110

РАЗРАБОТКА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ДЕФИБРИЛЛЯТОРА
Молина Баррига Г.Э. 1113

ASSESSMENT AND EVALUATION HEALTH RISKS OF HEAVY METALS IN INDOOR AND OUTDOOR AIR WITH X-RAY FLUORESCENCE (WDX)
Mostafa Y.A. Mostafa, Khalaf Hyam, Mona Moustafa, Hanfi Mohamed, Amer Mohamed...1114

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ
Мышкина А.В., Бажукова И.Н. 1116

СЕГМЕНТАЦИЯ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА НА СНИМКАХ МРТ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
Новоселов И.Э., Смирнов А.А. 1117

НАНОЧАСТИЦЫ ОКСИДА ЦЕРИЯ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ МАЛЬТОДЕКСТРИНОМ, КАК МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ НАНОЗИМ
Офицерова Н.Ю., Бажукова И.Н., Мышкина А.В., Бакшеев Е.О. *1118*

VACCINES EVOLUTION
Ojo B.O., Ivantsova M.N. *1120*

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ОЦЕНКИ СТРУКТУРНО – ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕРДЦА У ДЕТЕЙ ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ
Карякина О.Е., Карякин А.А., Оруджова О.Н. *1121*

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ В СПИРТОСОДЕРЖАЩИХ ВЕЩЕСТВАХ С ПОМОЩЬЮ НАНОСТРУКТУР
Какорина О.А., Запороцкова И.В., Панченко А.Н. *1123*

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПРОЦЕССЫ ГЕНЕРАЦИИ ПАТТЕРНОВ В ГЛИКОЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СЕЛЬКОВА С ДИФФУЗИЕЙ
Панкратов А. А., Башкирцева И. А. *1125*

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПОДСЧЕТ МИКРООРГАНИЗМОВ И ФОРМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КАМЕРЕ ГОРЯЕВА С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИХ ПОВЕДЕНИЯ
Пашутин Л.С., Смирнов А.А. *1126*

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЛУЧЕННОГО МЯСА ПТИЦЫ
Пустотина А.А., Баранова А.А., Селезнева И.С. *1127*

HERBAL SUPPLEMENTS
Ramirez L., Ivantsova M.N. *1129*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ФРАКЦИОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ДЛЯ РАСЧЕТА БИОЛОГИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫХ ДОЗ
Сафронова А.В., Вазиров Р.А., Коротовских О.И. *1130*

РАЗРАБОТКА ТЕРМОСТАТА НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕЛЬТЬЕ МАЛОГО РАЗМЕРА ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ЗАДАННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА
Сахно К.С., Волжанинов Д.А., Балакин А.А. *1131*

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КУРЕНИЯ ТАБАКА НА СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ РАБОТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
Савинцева М.С., Константинова Е.Д., Маслакова Т.А., Вараксин А.Н., Анцыгин И.Н. *1133*

ПОРТАТИВНАЯ МЕДИЦИНСКАЯ РАДИОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА
Севастьянов М.С., Хохлов К.О., Панкин В.В. *1134*

ОЦЕНКА АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ НАНОПОКРЫТИЙ
Северин К.Д., Райков Д.В., Бажукова И.Н. *1136*

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИМПУЛЬСОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ
Силина Е.С., Хохлов К.О., Баранова А.А. *1137*

СТОХАСТИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЦИЯ РАННИХ ПОСТДЕПОЛЯРИЗАЦИЙ В ТРЁХМЕРНОЙ МОДЕЛИ СЕРДЕЧНОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ В РЕЖИМЕ ПОКОЯ
Слепухина Е.С., Ряшко Л.Б. *1138*

РАЗРАБОТКА СЕНСОРНОГО БЛОКА НЕИНВАЗИВНОЙ ОБУЧАЕМОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА
Созинова О.Ю., Зайцева А.Ю., Кисляков Ю.Я. *1139*

СТОХАСТИЧЕСКИЕ КАЛЬЦИЕВЫЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ В ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЛИ–РИНЦЕЛЯ
Степанова А.А., Башкирцева И.А. *1142*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ЦЕРИЯ НА РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЛИМФОСАРКОМЫ
Султанова Т.Р., Вазиров Р.А., Улитко М.В., Соковнин С.Ю. *1143*

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ, ОБРАБОТАННОЙ ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ, МЕТОДОМ ЭПР-СПЕКТРОМЕТРИИ
Тхорик О.В., Меджидов И.М. *1145*

РЕПАРАТИВНАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ КОСТНОЙ ТКАНИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩИХ ТРАНСПЛАНТАТОВ
Усачёв В.А., Арташян О.С., Юшков Б.Г. *1146*

ОБЪЕДИНЕНИЕ НЕОДНОРОДНЫХ НАБОРОВ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММ
Байгильдин С., Богданов М.Р., Ушенин К.С. *1149*

БИОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НИЗКОЧАСТОТНОЙ МАГНИТОТЕРАПИИ
Волобуев А.П., Усков Е.Д., Волобуев П.В. *1150*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ БАНАНОВ

Ужнева В.А., Баранова А.А., Селезнева И.С. *1152*

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИКРОИНСТРУМЕНТОВ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МАНИПУЛЯЦИЙ С КЛЕТОЧНЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Власова А.А., Иванова И.Г., Тюменцева Н.В., Храмцова Ю.С. *1153*

РЕАЛИЗАЦИЯ КВАЗИ-ИЗОМЕТРИЧЕСКОГО РЕЖИМА СОКРАЩЕНИЯ ОДИНОЧНОГО КАРДИОМИОЦИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ЦИФРОВОГО МИКРОМАНИПУЛИРОВАНИЯ

Волжанинов Д.А., Хохлова А.Д. *1155*

ИЗУЧЕНИЕ БИОФИЗИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ВОСПРИЯТИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА

Юнусов В.А., Демин С.А., Панищев О.Ю. *1158*

ВЛИЯНИЕ ДОПИРОВАНИЯ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦЕРИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ НА КАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ

Зафирова М.И., Мышкина А.В., Бажукова И.Н., Бакшеев Е.О., Машковцев М.А., Пальцева Л.М. *1160*

РАСПОЗНАВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПРОСТЕЙШИХ ОРГАНИЗМОВ НА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИИ

Мелких А.В., Зарецкая Е.С. *1162*

ВЛИЯНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ МАЛЫМИ ДОЗАМИ НА МИКРООРГАНИЗМЫ ЗАКВАСОК ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЙОГУРТА

Журавлева Д.А., Селезнева И.С., Вазиров Р.А., Баранова А.А. *1163*

ОБЗОР МЕТОДОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ РАСТЕНИЙ НА ЗЕМЛЕ

Зудихина Ю.А., Смирнов А.А. *1165*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВРЕМЯ-РАЗРЕШЕННОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА СТАБИЛЬНОСТИ ЛЮЦИФЕРАЗЫ СВЕТЛЯКОВ LUCIOLA MINGRELICA

Зыкова Д.Д., Немцева Е.В., Карузина Н.Е. *1167*

Секция 8. Инновации и социальные технологии 1170

ЗАЩИТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ И ЕЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ В РОССИЙСКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТАРТАПАХ РАННИХ СТАДИЙ

Бабин Н.И., Лякишева А.Д. *1171*

УНИВЕРСИТЕТ КАК ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ЭКОСИСТЕМА
Барейчева М.А., Кубина Е.А., Степанова Н.Р., Дайнеко Л.В., Юрасова И.И., Караваева Н.М. *1173*

ОБЗОР МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ НА ПРИМЕРЕ СМК
Бортникова К.С., Спиридонов Д.М. *1174*

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ БЕСПИЛОТНОГО ТРАМВАЯ ДЛЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ
Бурмич А.К., Степанова Н.Р. *1175*

THE RESULTS OF THE FORCED TRANSITION TO DISTANCE LEARNING THROUGH THE EYES OF STUDENTS
Daineko L., Reshetnikova O., Sun G. *1177*

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ КАЛИБРОВОЧНОЙ ЛАБОРАТОРИИ КАК ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К МЕНЕДЖМЕНТУ КОМПАНИИ ООО «WEATHERFORD»
Гаранина Е.В., Белых Т.А. *1178*

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА К РАЦИОНАЛИЗАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
Гаврилова Т.О., Белых Т.А. *1180*

РАЗРАБОТКА ТИПОВОГО СВИДЕТЕЛЬСТВА НА АТТЕСТОВАННЫЕ ОБЪЕКТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
Хейнштейн В.Я., Никифоров С.В., Фатина Ж.Е. *1182*

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УЧЁТА И АТТЕСТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
Худякова Д.М., Пасичник Т.Г., Сёмкин М.А. *1184*

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ КОММУНИКАЦИИ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НКО: ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ
Анастасия Е.К., Миронова М.В. *1186*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ РИСКОВ УМНЫХ ГОРОДОВ
Красильникова П.С., Лапшина С.Н. *1187*

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНКУРЕНТНЫХ СТРАТЕГИЙ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ
Кривощекова А.Д. *1189*

ПАТЕНТНАЯ СТРАТЕГИЯ: БИЗНЕС-ПЕРСПЕКТИВА ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТАРТАПОВ РАННИХ СТАДИЙ
Лякишева А.Д., Бабин Н.И., Метелев Д.А. *1191*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАРОЙ И НОВОЙ ВЕРСИЙ ГОСТ Р 31000
Макарова И.Е., Спиридонов Д.М. *1193*

РАЗВИТИЕ ОБЪЕМНО – ПРОСТРАНСТВЕННОГО МЫШЛЕНИЯ ДЕТЕЙ СТАРШЕГО ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА В УСЛОВИЯХ КОМПЬЮТЕРНО – ИГРОВОГО КОМПЛЕКСА « LIGROGAME»
Молоднякова А.В. *1194*

ДОСТУПНОСТЬ СРЕДЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ
Несытых О.А. *1196*

МОДЕЛИ ГИБКОГО ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
Озорнин С.Ю., Терлыга Н.Г. *1198*

РОЛЬ ТРЕТЬЕЙ МИССИИ УНИВЕРСИТЕТОВ В ПРОДВИЖЕНИИ СОЦИАЛЬНЫХ ИННОВАЦИЙ
Пахомова О.А., Метелев Д.А. *1200*

МОДЕЛИ ВЫЯВЛЕНИЯ ФАКТОВ О КОНКУРЕНТНОЙ СРЕДЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО РЫНКА
Роднин А.В. *1202*

ОСНОВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ТРЕБОВАНИЯХ К ОРГАНИЗАЦИЯМ, ОКАЗЫВАЮЩИМ УСЛУГИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ
Рожкова Д.А., Спиридонов Д.М. *1205*

AGILE ПОДХОД В ПРОЦЕССЕ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК
Шалина Д.С., Степанова Н.Р. *1207*

КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
Шмелева К.В., Зайцев Д.В. *1209*

НОВЫЕ МЕТОДЫ РАБОТЫ ПО ПРОГРАММЕ ИППСУ ВСЛЕДСТВИЕ ПАНДЕМИИ
Смирнова И.А. *1211*

ОТРАСЛЕВАЯ ПРОБЛЕМАТИКА РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Зайцев Д.В., Шульгин Д.Б. *1213*

СЕКЦИЯ 1

ЯДЕРНЫЕ И РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

RADIATION SHIELDING PROPERTIES OF METHYLCELLULOSE (MC)/GADOLINIUM OXIDE COMPOSITES

Mostafa M.Y.A.[1], Zakaly H.M.H.[2, 3], Fares S.[4], Hemeda O.M.[5], Henaish A.[2,5]

[1)] Department of Physics, Faculty of Science, Minia University, El-Minia, Egypt
[2)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[3)] Physics Department, Faculty of Science, Al-Azhar University, Assuit Branch, Egypt
[4)] Basic science department, Zagazig Higher Institute of Engineering and Technology, Egypt
[5)] Physics Department, Faculty of Science, Tanta University, Egypt.

E-mail: dmyph85@gmail.com

In the present work, the influence of weight percentages of Gd_2O_3 content (10%-30%) of reinforced MC composites in their photon absorption capabilities for photon energies, ranging from 0.01 to 3 MeV, were investigated. MC with Gd_2O_3 composite films was prepared via a solution casting method

The wide usage of polymeric products in various fields of technology makes it necessary to investigate their structure, properties, and changes that take place under the addition of rare earth metal. Methylcellulose (MC) is considered one of the most important modified polymers from cellulose ethers and has been used in many industrial applications especially with rare earth oxides. Gadolinium Oxide (Gd_2O_3) one of the wide used rare earth with wide applications. Polymer composites when reinforced with heavy metals in the form of micro/nanoparticles are efficient gamma- and X-ray shielding materials providing such advantageous features as cost-effectiveness, lightweight factor, flexibility, non-toxicity, conformability over conventional shields. In the present work, the influence of weight percentages of Gd_2O_3 content (10-30 %) of reinforced MC composites in their photon absorption capabilities for photon energies, ranging from 0.01 to 3 MeV, were investigated. MC with Gd_2O_3 composite films was prepared via solution casting method for physical and chemical properties investigation. The attenuation coefficients of the two composites are calculated theoretically with the XCOM simulation program by considering the elemental analysis of the composites. The transmission parameters the mean free path (MFP), the half-value layer (HVL), and the tenth-value layer (TVL) were estimated. The attenuation coefficients for gamma radiation are increased with an increase in the concentration of Gd_2O_3 nanoparticles in Methylcellulose (MC) at low photon energies till 0.2 MeV. The obtained results compared with experimental measurements. This result corroborated the eventuality of used MC composite for shielding against low-energy photons, especially in diagnostic studies such as mammography.

1. S.A. Issa, H.M.H. Zakaly, M. Pyshkina, M.Y.A. Mostafa, M. Rashad, and T.S. Soliman, Radiation Physics and Chemistry 180, 109281 (2021).

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ВНЕСЕНИЮ ИЗМЕНЕНИЙ В ОТДЕЛЬНЫЕ НОРМАТИВНЫЕ АКТЫ РФ, РЕГУЛИРУЮЩИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПО ОКОНЧАТЕЛЬНОМУ ЗАХОРОНЕНИЮ РАО

Ананьев И.О.[1], Денисов Е.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: kotandex@yandex.ru

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR AMENDMENTS TO CERTAIN REGULATORY ACTS OF THE RUSSIAN FEDERATION REGULATING THE FINAL DISPOSAL OF RADIOACTIVE WASTE

Ananyev I.O.[1], Denisov E.I.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A number of problems of application of legislative norms in the practice of handling radio when bringing them to the criteria of acceptability for final disposal are investigated. Ways to solve these problems are proposed.

Одной из задач специализированной организации по обращению с РАО является приведение ТРО в соответствие с критериями приемлемости для последующей их передачи специализированной организации, уполномоченной осуществлять деятельность по захоронению РАО.

Приведение РАО к критериям приемлемости для окончательного захоронения — достаточно новая и слабо отработанная в Российской Федерации, но при этом технологически сложная деятельность, требующего глубокого и вдумчивого подхода к законодательному и нормативно-техническому обеспечению процессов. Перечень организаций, занятых в этой деятельности, крайне ограничен.

Своевременное выявление и устранение проблем, связанных с этой деятельностью, может ускорить процесс решения одной из наиболее актуальных задач атомной отрасли — повышения производственной эффективности. Применительно к практике конкретных организаций, исследование может способствовать снижению трудозатрат специализированных организаций, занимающихся кондиционированием РАО, и, как следствие, повышением эффективности, не оказывая негативного влияния на безопасность окончательного захоронения.

В работе рассматривается проблема согласованности требований нормативно-технической и правовой документации с условиями практического обеспечения деятельности по кондиционированию РАО для целей их передачи на окончательное захоронение.

В частности, рассмотрены следующие проблемные вопросы:

Ограничения по классу кондиционированных РАО и по значениям удельной активности отдельных радионуклидов, содержащихся в кондиционированных РАО, принимаемых на окончательное захоронение национальным оператором по

обращению с РАО от специализированных организаций, занимающихся приведением РАО к критериям приемлемости;

 Невозможность передачи на окончательное захоронение отработавших источников ионизирующего излучения;

 Наличие избыточных требований при отнесении отходов к РАО.

А также некоторые сопутствующие вопросы, такие как:

 Неопределенность в вопросе классификации отходов с удельной активностью свыше значений удельной активности техногенных радионуклидов, при которых допускается неограниченное использование твердых материалов, но меньшей значений удельной активности для отнесения отходов к РАО;

 Неопределенность в отнесении к РАО источников ионизирующего излучения, которые после окончания нормативного срока службы не могут быть отнесены к РАО.

В работе исследована практика приема РАО на окончательное захоронение РАО национальным оператором по обращению с РАО, изучен опыт кондиционирования и передачи РАО на окончательное захоронение Свердловского отделения филиала «Уральский территориальный округ» ФГУП «ФЭО», а также предлагаются решения, реализуемые путем внесения изменений в отдельные нормативные акты РФ, регулирующие деятельность по обращению с радиоактивными отходами при приведении их к критериям приемлемости для окончательного захоронения.

Работы выполнена на базе Свердловского отделения филиала «Уральский территориальный округ» Федеральное Государственное унитарное предприятие «Федеральный экологический оператор»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ ГАММА-ИСТОЧНИКА НА ОСНОВЕ Se-75 РАСЧЁТНЫМ СПОСОБОМ

Аристов Н.М.[1, 2], Ташлыков О.Л.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] АО "Институт реакторных материалов", Заречный, Россия
E-mail: nikolay.aristov.95@mail.ru

DETERMINATION OF THE ACTIVITY OF A GAMMA SOURCE BASED ON Se-75 BY CALCULATION METHOD

Aristov N.M.[1, 2], Tashlykov O.L.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia
[2)] JSC "Institute of Nuclear Materials", Zarechny, Russia

The features of the Se-75 production in the IVV-2M research reactor are presented. The results of calculations of the reaction rate of Se-74(n,γ)Se-75 for several operating cycles of the reactor and their comparison with the results of measurement of the activity of irradiated sources are presented.

Облучение капсул с Se-74 с целью производства гамма-источников для дефектоскопии, в основном, производят в ядерных реакторах с плотностью потока нейтронов, близкой к 10^{15} нейтр./(см^2×сек). К таким реакторам относятся HFIR (США), HFR (Нидерланды), BR-2 (Бельгия) и СМ-3 (Россия). В данной работе проводятся расчётные оценки возможности наработки сопоставимых по активности источников на основе Se-75 в ядерном реакторе ИВВ-2М с доступной плотностью потока нейтронов 2-4×10^{14} нейтр./(см^2×сек)[1]. Основными проблемами являются большая длительность облучения, сопоставимая с периодом полураспада Se-75 (~120 суток), а также высокое сечение выгорания Se-75 со значительной неопределённости по величине.

На базе исследовательского ядерного реактора ИВВ-2М АО «Институт реакторных материалов» осуществляет производство источников гамма-излучения на основе Se-75 с 2018 года. Процесс наработки изотопа Se-75 требует относительно больших временных затрат. Так, для достижения необходимой активности источника, длительность облучения одной мишени с исходным материалом может составлять до шести месяцев, что эквивалентно 7-8 рабочим циклам реактора ИВВ-2М (каждый цикл длится 21 день [3]). Такое количество циклов обусловлено нейтронно-физическими характеристиками данного реактора. Помимо собственных характеристик реактора, таких как нейтронный поток и длительность циклов, на процесс облучения также влияет положение стержней системы управления и защиты, расположение других экспериментальных устройств, находящихся в активной зоне, конструкция облучательного устройства и взаимное расположение

мишеней в нём [2], среднее выгорание топлива. Также необходимо учитывать характер увеличения активности изотопа Se75 в течении всего облучения в реакторе. Для наиболее точного определения конечной активности источника, помимо всех перечисленных факторов, необходимо также учитывать снижение активности за счёт распада Se-75, как вовремя останова, так и в течении цикла.

Учитываю все перечисленные нюансы, расчётное определение активности изотопов становится непростой задачей, которая также усложняется неопределённостью значения сечения выгорания для Se-75.

Применение программ, реализующих метод Монте-Карло позволяет учесть все эффекты, влияющие на облучение мишеней. Результатом расчёта является скорость наработки изотопа Se-75, а именно, количество реакций (n,γ) в секунду. Зная количество исходного материала, время облучения и постоянную распада Se-75, можно с определённой степенью точности рассчитать активность изотопа [4, 5] и, затем, сравнить полученное значение с измерениями.

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 Уральского энергетического института. Екатеринбург: УрФУ, (2016). С. 254–257.
2. Злоказов С. Б. Методические инженерные подходы к производству изотопов на реакторе ИВВ-2М / С. Б. Злоказов, А. А. Джанелидзе, Е. И. Злоказова [и др.] // Атомная энергия. – (2016). – Т. 121, № 4. – С. 227–233.
3. Русских И. М. Исследовательский ядерный реактор ИВВ-2М / И. М. Русских // Атомная энергия. – (2016). – Т. 121, № 4. – С. 183–187.
4. Меднис, И. В. Справочные таблицы для НАА / И. В. Меднис. – Рига : Зинатне, (1974).
5. Маслов И.А., Лукницкий В.А. Справочник по нейтронно-активационному анализу. -Л; Наука. (1971).

СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ И ТРАСПОРТНЫХ СВОЙСТВ ЖИДКОГО ЛИТИЯ

Бабаева Ю.А.[1], Новиков Г.Е.[3], Чусов И.А.[1, 2]

[1)] Обнинский Институт Атомной Энергетики - ИАТЭ НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия
[2)] АО ОКБ «Гидропресс», г. Подольск, Россия
[3)] ГК «Росатом», г. Москва, Россия
E-mail: jule4ka-96@mail.ru

RELATIONS FOR CALCULATING THERMODYNAMIC AND TRANSPORT PROPERTIES OF LIQUID LITHIUM

Babaeva Yu.A.[1], Novikov G.E.[3], Chusov I.A.[1, 2]

[1)] Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, Obninsk, Russia
[2)] OKB «Gidropress», Podolsk, Russia
[3)] «Rosatom» State Corporation, Moscow, Russia

The results of the analysis of experimental data from open publications for the period from 1933 to 2018 are presented. The calculated relations for estimating the density,heat capacity,thermal conductivity,dynamic viscosity,surface tension,and electrical resistivity for liquid lithium are proposed.

Литература, посвященная свойствам жидкого лития достаточно обширна. В большинстве монографий и статей отмечается, что литий и его сплавы являются материалами будущего. Литий обладает рядом уникальных свойств, которые являются основой его использования как элемента, контактирующего с плазмой токамака, а также в качестве тритий-воспроизводящего материала и теплоносителя бланкета термоядерных реакторов. Литий является эффективным теплоносителем для тепловых труб и ядерных энергетических установок. В настоящей работе приведены расчетные соотношения, построенные на основе анализа многочисленных экспериментальных данных для жидкого лития, занесенные в базу данных ExThermD ГК «Росатом».Всего при построении регрессионных соотношений использовались результаты 89 экспериментальных работ, последние из которых относятся к 2018 г. Работы разных авторов были опубликованы в различных журналах и материалах конференций, в связи с чем, хочется отметить, что их сбор был достаточно трудоемкой задачей.

В большинстве случаев физические свойства лития в жидкой фазе описывались регрессионной функцией вида: $f=\sum_{m}^{i=0}(a_i T^i)$

Здесь a_i – коэффициент регрессии, вычисляемый методом наименьших квадратов. Расчет его величины осуществлялся с использованием предварительно оцененного набора данных. При построении нелинейной регрессионной функции использовался метод Левенберга – Марквардта.

Задача выбора степени регрессионной функции, которая обеспечивала наилучшее приближение регрессии к оцененным экспериментальным значениям,

решалась с использованием критерий Фишера $((R_i-R_i+1)/R_i+1)*(n-m-1)>=F_{z,1,n-m-1}$,

Здесь $F_{z,1,n-m-1}$–z – процентная точка F – распределения с числом степеней свободы 1 и n-m-1. Величина R находилась на основе минимизации квадратичного функционала вида: $R=\sum^{n}_{i=0}((f_{эксп,i}-f_{расч,i})^2)*w_i$,

m – число членов ряда; n – число экспериментальных точек; $f_{эксп,i}$, $f_{расч,i}$ – соответственно экспериментальное и рассчитанное по регрессионному соотношению значение искомого термодинамического свойства; w_i – статистический вес экспериментальной точки определяемый как отношение погрешности этой точки к суммарной погрешности всех экспериментов.

О МИНИМИЗАЦИИ КОРРОЗИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ РАБОЧЕГО ТЕЛА В ПАРОГЕНЕРАТОРАХ АЭС РЕАКТОРОМ БН-800

Бельтюков Р.А.[1], Бельтюков А.И.[1], Ташлыков О.Л.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

E-mail: beltukovai@gmail.com

ON THE MINIMIZATION OF THE WORKING SUBSTANCE CORROSION EFFECT IN THE STEAM GENERATOR OF THE NPP WITH BN-800 NUCLEAR REACTOR

Beltukov R.A.[1], Beltukov A.I.[1], Tashlykov O.L.

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The peculiarities of the steam generator design capacity development of the BN-800 reactor power unit are presented. The arrangements aimed at the minimization of the working substance corrosion effect on the steam generator constructional materials are considered.

В 2015 году проведен энергетический пуск, а в октябре 2016 года перевод в промышленную эксплуатацию энергоблока БН-800 на Белоярской АЭС, разработанного на базе реактора БН-600, и имеющего улучшенные технико-экономические показатели и характеристики безопасности. Проектный срок службы реактора увеличен с 30 лет (БН-600) до 45 лет с перспективой его продления до 60 лет. БН-800 является необходимым этапом в создании серийного реактора на быстрых нейтронах БН-1200 [1].

Важным событием при проектировании реактора БН-800, стало разработка парогенератора Н-272 с номинальной тепловой мощностью 700 МВт. На один энергоблок устанавливаются три парогенератора с общей тепловой мощностью 2100 МВт [2]. Создателем и проектировщиком данного теплообменного аппарата, как и всех парогенераторов для РУ с жидкометаллическим теплоносителем, является АО ОКБ «Гидропресс».

В начальный период эксплуатации было выявлено, что энергоблок с реактором БН-800 не выдает проектные характеристики (проектную электрическую мощность), при работе реактора на мощности ~100%. Одной из основных причин этого может быть недостаточная эффективность работы парогенератора Н-272, который в процессе эксплуатации не достигает своей проектной тепловой мощности.

С целью повышения эффективности работы и достижения номинальной тепловой мощности ПГ Н-272 в настоящее время проводится комплекс мероприятий.

Возможными причинами недостижения проектных характеристик энергоблока могут быть:

- загрязненность теплообменных труб (ТОТ) модулей ПГ, что требует проведения химической промывки;
- повышенная вибрация ТОТ модулей ПГ, которая увеличивается с увеличением расхода;
- недостаточный перегрев пара за модулями испарителя ПГ;
- содержание влаги в паре на входе в перегреватель;
- повышение тепловых потерь.
- В работе представлены мероприятия по устранению несоответствия фактических характеристик проектным на энергоблоке №4 Белоярской АЭС для достижения проектных характеристик ПГ Н-272, которые включают:
- оценку загрязненности теплообменных труб модулей ПГ [3];
- разработку системы химической промывки парогенератора Н-272;
- анализ целесообразности и возможности установки регулирующей арматуры на трубопроводах питательной воды секций ПГ Н-272;
- анализ влияния расхода питательной воды на перегрев пара за испарителями;
- проведение виброизмерений трубного пучка испарителей;
- экспериментальное определение наличие влаги на выходе из ТОТ испарителей;
- обследование тепловой изоляции трубопроводов слабоперегретого пара.

1. Tashlykov O., Shcheklein S., Nosov Y., Smyshlaeva O. ECOLOGICAL FORESIGHT IN THE NUCLEAR POWER OF XXI CENTURY // International Journal of Energy Production and Management. 2016. Т. 1. № 2. С. 133-140
2. Бельтюков А.И., Карпенко А.И., Полуяктов С.А., Ташлыков О.Л., Титов Г.П., Тучков А.М., Щеклеин С.Е. Атомные электростанции с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1; под общ. ред. С.Е.Щеклеина, О.Л. Ташлыкова. – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – 548 с.
3. Ташлыков О.Л., Бельтюков А.И. Парогенераторы АЭС: учебник – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 304 с.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОРБЕНТОВ ДЛЯ ИОНОСЕЛЕКТИВНОЙ ОЧИСТКИ ЖРО

Бессонов И.А.[1], Чалпанов С.В.[1], Ташлыков О.Л.[1], Морданов С.В.[1], Климова В.А.[1], Хомяков А.П.[1], Лезов А.Д.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: ilja.bessonov2014@yandex.ru

SIMULATION AND EXPERIMENTAL STUDY OF HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS OF SORBENTS FOR ION-SELECTIVE TREATMENT OF LRW

Bessonov I.A.[1], Chalpanov S.V.[1], Tashlykov O.L.[1], Mordanov S.V.[1], Klimova V.A.[1], Khomyakov A.P.[1], Lezov A.D.

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Given are the results of experimental study of hydrodynamic resistance of a layer of sorbents used for cesium removal LRW. Conducted is a simulation of water flow through the sorbent layer with SolidWorks Flow Simulation program. The simulation results are compared with the experiments data.

При работе реакторных установок и дезактивации оборудования и помещений образуются жидкие радиоактивные отходы (ЖРО), которые загрязнены продуктами деления, радионуклидами коррозионного происхождения и другими веществами. В кубовых остатках основными радионуклидами являются изотопы цезия Cs-134 и Cs-137, присутствующие в форме ионов, изотопы кобальта Co-60 и марганца Mn-54 в форме комплексов с соединениями, которые используются для дезактивации оборудования [1].

Эффективно сократить объемы ЖРО позволяет метод ионоселективной очистки, основным этапом которого является фильтрация и селективная сорбция на сорбентах в фильтр-контейнерах [1].

Целью данной работы является разработка компьютерной модели пористого слоя сорбентов, которые используются при кондиционировании ЖРО как фильтрующий материл. Модель пористого слоя войдет в состав расширенной модели, предназначенной для исследования гидродинамики течения в установке ионоселективной очистки.

Слой сорбента состоит из множества элементов неправильной формы, имеет сложную и носящую статистический характер геометрическую структуру. Если

масштабы течения велики по сравнению с размерами частиц слоя, то его моделируют как квазиоднородную среду с одной обобщенной характеристикой – проницаемостью [2].

Ламинарное движение вязкой жидкости в мелкодисперсной среде, в условиях преобладания сил вязкости, описывается линейным законом Дарси [2]. Но при увеличении размера пор или скорости фильтрации наблюдается переход к турбулентной фильтрации и, следовательно, закон Дарси должен быть заменен более сложной нелинейной зависимостью.

В программном комплексе Flow Simulation пористая среда моделируется как распределенное по объему сопротивление течению. Для создания корректной модели нужно задать пористость – объемную долю пор в общем объеме среды и коэффициент гидродинамического сопротивления

$k = -\text{grad}(P) / (\rho \cdot u)$,

где P – давление в жидкости, ρ – плотность текучей среды, а u – скорость фильтрации. Этот коэффициент задается в виде табличной зависимости от параметров течения (перепада давления на единицу, скорости, линейных размеров, размера поры или др.). Можно выбрать вариант, наилучшим образом подходящий для условий конкретного моделирования. Также указывается тип проницаемости (изотропная, однонаправленная и др.).

Это позволяет сформулировать цели и задачи экспериментального исследования характеристик слоя сорбента. На экспериментальной установке [3] определялся перепад давления в зависимости от скорости течения среды через слой сорбента и пористость слоя.

В программном комплексе SolidWorks построена твердотельная модель рабочего участка экспериментальной установки. Проведен ряд вычислительных экспериментов с целью выявления способа задания и численных параметров модели пористой среды, при которых результаты моделирования наилучшим образом совпадают с результатами эксперимента.

В результате были получены верифицированные характеристики слоев сорбентов, которые можно использовать при моделировании течения через фильтр

1. V. P. Remez, O. L. Tashlykov, S. E. Shcheklein, A. A. Ioshin A.A. and S. B. Kuznetsov, Nuclear Physics and Engineering 7, Is. 2, 129-137 (2016).
2. A. P. Khomyakov, S. V. Mordanov, A. S. Lavrov and D. I. Grinyov, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 862, 062020 (2020).
3. Аэров М.Э., Тодес О.М., Наринский Д.А. Аппараты со стационарным зернистым слоем, Химия (1979).

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ПДВ РАЗЛИЧНЫХ РАДИОНУКЛИИДОВ ДЛЯ ЗАДАННЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ

Бутыгин В.В.[1], Пышкина М.Д.[2]

[1)] ООО «АСС – Бизнес Софт», г. Лесной, Россия
[2)] Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: butygin.v.v@gmail.com

SYSTEMATIZATION AND AUTOMATION OF THE CALCULATION OF THE MPE OF VARIOUS RADIONUCLIDES FOR GIVEN POPULATION GROUPS

Butygin V.V.[1], Pyshkina M.D.[2]

[1)] «ACC - Business Soft» LLC, Lesnoy, Russia
[2)] Institute of Industrial Ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia

More and more nuclear power plants are being built and put into operation around the world. Emissions requirements are being tightened. Radiation-hazardous enterprises require specialized systems for calculating MPE and other metrics to control the emissions generated.

Ядерная энергетика один из способов генерации электричества во многих странах. В половине стран, эксплуатирующих энергию ядерных взаимодействий, потребность в электроэнергии удовлетворяется с помощью АЭС на уровне 20% и выше от всего объема.

Наращивание энергетического потенциала будет сопровождаться вводом в эксплуатацию новых ЯЭУ, что ведет к увеличению выбросов вредных веществ в атмосферу, несмотря на развивающиеся методы отчистки выбросов.

В связи с выходом распоряжения правительства РФ №1316-р от 08 июля 2015 года, нормированию и контролю подлежит 94 радионуклида в выбросах любых радиационноопасных предприятий, включая АЭС России.

В связи с изменением нормативной базы по учету радионуклидов в выбросах, а также на основе мирового опыта, определение и контроль перечня основных дозообразующих нуклидов в выбросах АЭС является актуальной задачей в области атомной энергетики.

Для целей проверки соответствия разрешенным пределам выбросов, контроля условий эксплуатации АЭС, проверки прогнозов, оценки облучения критических групп и групп населения и уменьшения неопределенностей необходимо систематизировать и автоматизировать принятые методики расчета [1]. Современные методики необходимо одновременно или своевременно реализовывать в виде программ, алгоритмов и других вариантов цифрового представления для вычислительных систем.

Расчет эффективной дозы на население от выбросов радионуклидов с АС в атмосферу имеют математическое описание процессов переноса радионуклидов

в атмосфере, их взаимодействия с подстилающей поверхностью, миграции в наземных экосистемах и по пищевым цепочкам, а также описания путей и условий облучения человека (геометрии облучения, условий жизнедеятельности). Разумное упрощение математических моделей процессов позволит уменьшить неопределенность результатов расчетов и провести автоматизацию необходимых вычислений.

В целях автоматизации сбора, обработки и хранения всех необходимых данных разработана модульная информационная система. Введенные и обработанные данные хранятся и накапливаются в базе, это позволяет собирать статистику, строить прогнозы и проводить расчеты с целью оценки получаемых значений, при различных входных данных.

Система обеспечивает структурное хранение:

− всех необходимых справочных данных радионуклидов;

− описания местности, в виде прямоугольной координатной сетки с описанием координатных точек;

− метеоданных;

− описаний популяций и продуктовых корзин;

− реестра источников, их свойств, перечня выбрасываемых радионуклидов;

− расчетов фактора разбавления, функций перехода, доз и ПДВ в разрезе радионуклидов для заданных популяций и в указанной местности;

− вспомогательные данные для вывода в виде печатных форм и реализации электронного документооборота;

1. МТ 1.2.1.15.1176-2016. Разработка и установление нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ атомных станций в атмосферный воздух. Методика. [Текст]. Введ. 2017-03-01. – М.: ФГБУ «Научно-производственное объединение «Тайфун», 2016 – 73 С.

UNCERTAINTY-ORIENTED APPROACH FOR NUCLEAR SAFETY ASSESSMENT

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

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

E-mail: a.calabourdin@gmail.com

In the framework of “rare events” problem, the probabilistic approaches tend to be ineffective. Therefore, we can’t reliably estimate risks from fat tail/Black Swans events for nuclear power plants with typically used methods. We examine alternative approach to mitigate this issue.

In the context of nuclear safety, we often have to deal with frequentist probabilities like 10^{-4} – 10^{-6} a year. And there is a lot of uncertainty in such estimates, which is costly, since nuclear accidents have relatively significant impact so that safety is often claimed as of highest priority by the industry professionals.

There are multiple factors of uncertainty in risk estimates, for example lack of experimental data and fat tails problem. Often risk models deflate risk estimates because in reality such events follow fat-tailed distributions and therefore, in practice are more probable & can cause more damage than the model tells us – a seemingly local nuclear accident can have potential to contaminate large areas, severely damage economy of whole states or affect global communities in other ways, as we’ve already seen.

Traditional classical method of Reliability theory is widely used within the PSA, but leads to deadlock schemes when trying to estimate risks of rare events. Thus, lies the need to create safety evaluation and management systems based on determining the level of safety by comparing the estimated risks with acceptable levels, which, unlike PSA, would be applicable for rare events problems. In other words – account for uncertainty (preferably better than the current approaches).

In alternative, expert-system like approach measure of the safety 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 damage from an event will objectively mean the real measurable risk. 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.

1. N. R., «The future role of risk assessment in nuclear safety,» IAEA Bull., т. 25, № 4, pp. 30-36, 1983.
2. K. A. M. S. Toshiro Terano, APPLIED FUZZY SYSTEMS, Tokyo, Japan: Ohmsha, Ltd, 1989.
3. I. A. E. AGENCY, «Technical Approach to Probabilistic Safety Assessment for Multiple Reactor Units, Safety Reports Series No. 96, » IAEA, Vienna, 2019.

ПРИВЕДЕНИЕ РАО БАЛАКОВСКОЙ АЭС К КРИТЕРИЯМ ПРИЕМЛЕМОСТИ ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ

Чечнев И.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: 9122408@gmail.com

BRINGING RADIOACTIVE WASTE FROM THE BALAKOV NPP TO ACCEPTABILITY CRITERIA FOR DISPOSAL

Chechnev I.V.[1], Voronina A.V.

[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

In this work, the conditioning of the molten salt formed at the Balakovo NPP was investigated in order to bring it in line with the acceptance criteria. The method of solidification of molten salt in a container of the NZK-150-1.5P type with expanded clay concrete has been tested.

Ежегодно атомные электростанции наряду с генерацией электроэнергии генерируют радиоактивные отходы (РАО). В отличие от твердых бытовых отходов к РАО не применимы стандартные принципы утилизации. Объём и морфологический состав РАО велик и разнообразен. Подход к утилизации различных классов отходов значительно отличается.

Один энергоблок ВВЭР-1000 за год эксплуатации генерирует не менее 40 куб. м жидких радиоактивных отходов (ЖРО) [1]. Образование ЖРО обусловлено несколькими источниками. Это организованные и неорганизованные протечки теплоносителя, продувочная вода парогенерирующих установок, вода первого охлаждающего контура, воды опорожнении контуров, дезактивационные и обмывочные воды, конденсат турбин и греющего пара подогревателей, фильтрат и деконденсат из хранилища жидких радиоактивных отходов, регенерационные воды [2]. Образующиеся ЖРО необходимо переработать, привести к критериям приемлемости для дальнейшего захоронения в пункте захоронения радиоактивных отходов [3]. На АЭС переработка ЖРО производится методом глубокого упаривания на установках УГУ-500 с получением солевого плава. Образующийся солевой плав сливается в контейнер из кислотостойкой стали. Размещение солевого плава в контейнерах такого типа не удовлетворяет критериям приемлемости к захоронению, вследствие чего он хранится на территории АЭС длительное время. Накопленные объёмы солевого плава значительны, и проблема захоронения этих отходов требует решения.

В работе исследовано кондиционирование солевого плава, образующегося на Балаковской АЭС, с целью приведения в соответствие с критериями приемлемости к захоронению. Солевой плав отверждали в железобетонном контейнере НЗК-150-1,5П с использованием керамзитобетона, после чего отправляли на захоронение на территории ПЗРО. Контроль критериев приемлемости осуществлял национальный оператор по обращению с РАО.

1. Онуфриенко С.В. Обращение с жидкими радиоактивными отходами в проектах АЭС нового поколения с реактором ВВЭР: дис. ... канд. техн. наук. С'Пб., 2002.
2. Коростелев Д.Н. Водный режим и обработка радиоактивных вод АЭС / Д.П. Коростелев. М.: Энергоатомиздат, 1983.
3. Приказ Ростехнадзора от 15.12.2014 N 572 (ред. от 17.11.2017) "Об утверждении федеральных норм и правил в области использования атомной энергии "Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения" (вместе с "НП-093-14. Федеральные нормы и правила...") (Зарегистрировано в Минюсте России 27.03.2015 N 36592)

POST-EVALUATION AND ESTIMATE OF RADIOACTIVE WASTE FORMATION DURING NORMAL OPERATION OF RUSSIAN NUCLEAR POWER PLANTS

Desyatov D.D.[1], Terentiev D.A.[1], Ekidin A.A.[2], Antonov K.L.

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Industrial Ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia
E-mail: desyatovdenis1995@gmail.com

This work demonstrates the possibility of using the specific indicator of radioactive waste generation per unit of generated electricity (m^3/GWh) for retrospective assessment and forecasting of the volume of radioactive waste generation at Russian nuclear power plants

Радиоактивные отходы (РАО) являются одним из наиболее значимых экологических факторов, непрерывно образующихся в результате использования атомной энергии, в том числе в результате деятельности любой атомной электростанции (АЭС) [1]. Контекст обращения с РАО предусматривает различные варианты деятельности, включая снижения количества и активности вновь образующихся РАО. Подход к решению экологической проблемы в данном вопросе предлагает, в том числе, и МАГАТЭ, а именно, использование методологии ИНПРО. Согласно международно признанным требованиям INPRO, обращение с радиоактивными отходами от текущей деятельности не должно создавать чрезмерного бремени для будущих поколений. Для этого одной из мер является минимизация текущего образования отходов [2].

За все время эксплуатации АЭС в России в специализированных хранилищах, расположенных на территории станций, накоплен значимый объем РАО. В работе рассматриваются данные об объемах РАО на 10 атомных станциях России за 11–летний период.

В данной работе с помощью удельного показателя рассчитаны средние и медианные значения объемов РАО, выраженных в $м^3$/Гвт·ч. Медианы для твердых радиоактивных отходов категорий ОНРАО, НАО, САО и ВАО равны $1{,}5\cdot10^{-2}$, $3{,}3\cdot10^{-2}$, $3{,}3\cdot10^{-3}$ и $2{,}8\cdot10^{-4}$ $м^3$/ГВт·ч соответственно; для жидких радиоактивных отходов категорий НАО и САО — $1{,}4\cdot10^{-3}$ $м^3$/ГВт·ч и $2{,}5\cdot10^{-3}$ $м^3$/ГВт·ч соответственно. Проведены сравнения медиан объемов ТРО и ЖРО среди трех типов реакторных установок, эксплуатирующихся на территории РФ – РБМК, ВВЭР и БН. Выполнена ретроспективная оценка общего объема ТРО и ЖРО образованными АЭС России за 2008-2018 гг., а также прогнозная оценка объемов ТРО и ЖРО за 2020-2027 год.

1. Vasiliev A.V., Ekidin A.A., Yusupov R.I., Pudovkin A.V. Procedures for Confirmation of Acceptance Criteria for Geological Disposal of NPPs Radioactive Waste. ANRI. 2017. V 91. № 4 P. 23-30

2. International Atomic Energy Agency. INPRO methodology for sustainability assessment of nuclear energy systems: waste management INPRO manual. IAEA-TECDOC-1901. Vienna, 2020

RADIUM MEASUREMENTS IN GROUNDWATER FROM THE CENTRAL REGION OF SAUDI ARABIA USING GAMMA SPECTROMETRY PRECEDED BY ION EXCHANGE

Zakaly H.M.H.[1], Hamdy A.M.A.[1], El-Taher A.

[1)] Physics Department, Faculty of Science, Al-Azhar University, Assuit Branch, Egypt

E-mail: atef.eltaher@gmail.com

Naturally accruing radioactive materials in the environment have received recently attention. There is a lack of risk assessment regarding the radioactive materials contamination in agricultural environments in Qassim region in the central region of Saudi Arabia.

In the present work, ^{226}Ra and ^{228}Ra concentrations were measured in 99 Naturally accruing radioactive materials in the environment have received recently attention. There is a lack of risk assessment regarding the radioactive materials contamination in agricultural environments in Qassim region in the central region of Saudi Arabia. groundwater samples obtained from several locations in Qassim Region (Buraydah, Oniza, Al-Badayia, Al-Bakria, Al Jawaa, Al- Assyah, Al- Shamassea and Al- Moznib). The activities of ^{226}Ra and ^{228}Ra and total radium were measured using gamma spectrometry preceded by ion exchange chromatography separation. Total concentration of Ra exceeded 29.2 Pico curie per letter (pCi L^{-1}), the maximum level recommended by Golf Standards Organization (GSO) in 17% of studied samples, and exceeded 5 pCi L^{-1}, the recommended level by Environmental Protection Agency in 80% of studied samples. Therefore, according to US-EPA we recommend this water do not safe to use in drinking.

1. BRGM. 1985. Saq Aquifer Quality. Report prepared for Ministry of Agriculture. Saudi Arabia.
2. Althoyaib., S. S and El-Taher, A., 2015 The Measurement of Radon and Radium Concentrations in well water from Al-Jawaa, Saudi Arabia, J Radio. Null Chem., 304:547–552 Australian Atomic Energy Commission Research Establishment, Lucas Heights.

DISTRIBUTION OF RADIOELEMENTS IN THE DIFFERENT ROCKS AROUND UM SALATIT MOUNTAIN AREA, EASTERN DESERT, EGYPT

Ghoneim M.[1], Saleh G.M.[1], Dawoud M.[2], Azab M.S.[1],
Mohamed M.A.[1], Hanfi M.Y.

[1)] Nuclear Material Authority, Cairo, Egypt
[2)] Minufiya University, Faculty of Science, Geology Department, Minufiya, Egypt
[3)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

E-mail: m.nuc2012@gmail.com

Umm Salatit Mountain area is a part of the Central Eastern Desert of Egypt. It is composed of ophiolitic mélange, older granitoids, biotite granites, muscovite granites and post granitic dykes and veins.

Umm Salatit Mountain area is a part of the Central Eastern Desert of Egypt. It is composed of ophiolitic mélange, older granitoids, biotite granites, muscovite granites and post granitic dykes and veins. The present work deals with spectrometric prospecting of the studied rocks. Spectrometric measurements of the different rock units using a portable gamma-ray spectrometer RS-230).

The observed patterns of gamma ray spectrometric are reflections of either radioactive properties of normal constituents in rocks. Table (1) shows that the measured radiometric data were treated statistically to determine the distribution characteristics of the radioelements; K in %, eU in ppm, eTh in ppm and their ratios in the different rock types in the study area. It also enables to define the relative degree of U mobilization.

1. Al-hilal, M., Al-ali, A., 2016. Investigation for Uranium Dispersion Adjacent to Cretaceous Phosphatic Outcrops in Al-Nassrieh Basin, Southern 27, 786–794. https://doi.org/10.1007/s12583-016-0916-9
2. Hanfi, M. Y, Yarmoshenko, I., Seleznev, A.A., Onishchenko, A.D., Zhukovsky, M.V., 2020. Development of an appropriate method for measuring gross alpha activity concentration in low-mass size-fractionated samples of sediment using solid-state nuclear track detectors 323, 1047–1053. https://doi.org/10.1007/s10967-020-07020-z

ТОРИЕВЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ

Гоглачев А.В.[1], Вотчал К.А.

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: Alex.V.Goglachev@urfu.ru

TORIUM FUEL CYCLE OF NUCLEAR POWER REACTORS

Goglachev A.V.[1], Votchal K.A.

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Thorium fuel cycle of nuclear power reactors. Th reserves are significant, when using Th in the reactor there is no excess reactivity, better physical and nuclear properties, and also the absence of special problems with waste disposal. The use of this technology has great potential for development.

Тема ториевого топливного цикла становится все более и более актуальной в результате возрастающей потребности в изучении и использовании альтернативных топливных элементов для ядерных энергетических реакторов. Выбор тория в качестве ядерного топлива обуславливают следующие основные факторы: запасы Th значительны, при использовании тория в реакторе нет избыточной реактивности, лучшие физические и ядерные свойства, а также отсутствие особых проблем с утилизацией отходов. Использование данной технологии имеет большой потенциал для развития. В настоящее время Индия и Китай имеют ядерно-энергетическую программу для обеспечения долгосрочной энергетической независимости страны за счет использования не только запасов урана, но и тория.

Перспективы ториевого цикла были описаны в начале 21 века в опубликованных трудах А. И. Касьяна и Р. Я. Хамидуллина, Д. Кларка, А. Т. Нельсона и др.

Целью исследования является проверка возможности использования тория для действующих в РФ ядерных энергетических реакторов в качестве топлива. В ходе исследования планируется привести обоснование и расчеты ториевого топливного цикла.

По нашему мнению, использование данного элемента в качестве топлива для ядерных реакторов, является экономически выгодным и способным обеспечить долгосрочное использование ядерной энергетики в качестве основного источника энергии. Данные исследования послужат развитию атомной энергетики, экономики и горнодобывающей промышленности. Технология использования тория в качестве ядерного топлива должна быть не только изученной и опробованной, но и промышленно освоенной. Иначе другие страны в ториевой программе уйдут настолько далеко вперед, что догнать их в области этих технологий будет очень трудно.

1. Касьян А. И., Хамидуллин Р. Я. Перспективы ториевого цикла. Часть 1, 2. Двигатель, 2012, № 1, №2.
2. Nelson A. T. Thorium: Not a near-term commercial nuclear fuel / Bulletin of the Atomic Scientists: journal. 2012. Vol. 68, no. 5.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТА ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В НЕОДНОРОДНЫХ РАДИАЦИОННЫХ ПОЛЯХ С ПОСЕЩЕНИЕМ ЗАДАННЫХ ТОЧЕК

Григорьев А.М.[1], Ташлыков О.Л.[2], Кропачев Ю.А.

[1)] ИММ УрО РАН, Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
[3)] Белоярская АЭС, Заречный, Россия
E-mail: ag@uran.ru

ALGORITHM FOR CONSTRUCTING OPTIMAL ROUTES CONNECTING GIVEN SET OF POINTS IN INHOMOGENEOUS RADIATION FIELDS

Grigoryev A.M.[1], Tashlykov O.L.[2], Kropachev Yu.A.

[1)] N.N. Krasovskii Institute of Mathematics and Mechanics, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[3)] Beloyarsk NPP, Zarechny, Russia

The developed program of automated formation of the route of the dosimetrist in a radiation-hazardous room with a visit to the specified points, taking into account the circumvention of obstacles for the purpose of radiation measurements, is described.

Для повышения уровня радиационной защиты персонала на АЭС в АО «Концерн Росэнергоатом» принята Программа оптимизации радиационной защиты персонала на АЭС (2019-2024 гг.). Одним из основных направлений реализации Программы является сокращение времени пребывания персонала в радиационных полях. Эффективным способом минимизации облучения персонала за счет воздействия на фактор времени (в ряде случаев и радиационный параметр) является оптимизация маршрута перемещений при проведении работ в неоднородных радиационных полях.

Представленная работа является продолжением серии публикаций по разработке алгоритмов маршрутизации работ в радиационных полях (оптимизация маршрута перемещения, последовательности демонтажа радиоактивных объектов, в том числе с условиями предшествования, задача маршрутизации перемещений с неаддитивным агрегированием затрат, а точнее, обобщенный вариант известной задачи на «узкие места» и т.д.) [1], [2], [3]. В данном случае рассматривается решение так называемой «задачи дозиметриста» [4], в которой дозиметрист с минимальной дозовой нагрузкой должен посетить ряд заданных точек в

помещении с учетом обхода препятствий для проведения измерений в этих точках. Данная задача возникает при подготовке и планировании проведения работ (ремонт, демонтаж и т.д.) в конкретном помещении и принятии решений о необходимой радиационной защите персонала.

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 уровня радиации уже в каждой ее точке; это требуется для дальнейшего нахождения функций стоимостей с учётом возможных препятствий. Для построения фрагмента плоскости с известными значениями радиации в каждой точке сетки будем использовать интерполяцию на основе радиальных базисных функций (РБФ).

Для нахождения функций стоимостей, учитывающих возможность обхода препятствий, рассматривается применение метода Дейкстры для нахождения кратчайшего пути в графе. Для этого предполагается задание сетки на плоскости и построение связного графа, из которого удаляются все ребра и вершины, попадающие в область препятствий.

На основе полученных данных строится оптимальный маршрут посещения всех обозначенных на плане точек с учётом возможных ограничений в виде условий предшествования. Для построения оптимального маршрута используется метод динамического программирования.

Предложенный алгоритм был реализован и опробован на реальных данных с Белоярской АЭС. Результаты вычислительного модельного эксперимента, выполненного на суперкомпьютере «Уран», продемонстрировали существенное сокращение получаемой дозы облучения, при использовании построенного оптимального маршрута, для виртуальных исполнителей работ в нестационарных радиационных полях. В дальнейшем, планируется внедрение данной программы на Белоярской АЭС для формирования маршрута перемещения персонала в радиационно-опасных помещениях.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20-08-00873

1. 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); doi: 10.1063/1.5055101 – https://doi.org/10.1063/1.5055101
2. Grigoryev A. M., Tashlykov O. L. Route optimization during works in non-stationary radiation fields with obstacles. December 2019. AIP Conference Proceedings 2174(1): 020216. DOI: 10.1063/1.5134367
3. Grigoryev Aleksey M., Tashlykov Oleg L., Popel Andrey A., and Kropachev Yuriy A. Determination of radiation field parameters for the problems of routing optimization based on interpolation with radial basis functions AIP Conference Proceedings 2313, 020007 (2020); https://doi.org/10.1063/5.0032248
4. 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

RADIATION RISKS EVALUATION FROM PHOSPHATE ROCKS, SIBAIYA REGION, CENTRAL EASTERN DESERT, EGYPT

Hanfi M.Y.[1], Gaafar I.[2], El-Ahll L.S.[3], Zeidan I.

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Nuclear Materials Authority, Maadi, Cairo, Egypt
[3)] Faculty of women, Ain Shams University, Cairo, Egypt
E-mail: m.nuc2012@gmail.com

Radioactivity in the environment is caused by natural radiation (terrestrial and cosmic) and anthropogenic activities. The present work used the integrated carbone γ-ray Spectrometer data to the prospect of radioactive zones at Sibaiya area, Central Eastern Desert, Egypt.

Radioactivity in the environment is caused by natural radiation (terrestrial and cosmic) and anthropogenic activities 1,2. The present work used the integrated carbone γ-ray spectrometric data and HPGe γ-ray spectrometer data to the prospect of radioactive zones at Sibaiya area, Central Eastern Desert, Egypt. Carbone γ-ray spectrometric survey revealed ten uranium anomalies distributed along the car traverse from west to east direction have values of 240, 104, 44, 34, 150, 124, 232, 132, 60 and 90 ppm respectively. These important anomalies are associated mainly with phosphates mines that characterized also with a strong increase of eU/eTh and eU/K ratios. Ten phosphate samples were collected from the determined ten anomalies. They were analyzed with HPGe detector gamma-ray spectrometer. It was found that the results of radioelement concentrations by carborne survey agree well with that obtained by HPGe. The average activity concentration for the Sibaiya phosphate samples under study is 152.5, 947 and 33.2 Bq/kg against the worldwide accepted limit of 412, 33 and 45 Bq/kg for 40K, 238U and 232Th respectively. The radium equivalent ranges from 497 to 3484 Bq/kg, which is higher than the recommended value, 370 Bq/kg. The calculated values of the external hazard range from 1.34 to 9.42 mGy/yr and the internal hazard ranges from 2.57 to 11.45 mGy/y. These indexes must be lower than unity in order to keep the radiation hazard insignificant. The value of radioactivity level index Iγ is found to be more than unity which varies between 3.4 and 23.4. The dose rate ranges from 150 to 970 nGy/h, which is higher than the international mean value of 55 nGy/h. The effective dose ranges from 0.19 to 1.19 mSv, which less than unity in almost values. Meanwhile, the values of activity of 226Ra range from 454 to 3429 Bq/kg and the emanation coefficient of radon ranges from 221 to 2161 Bq/kg.

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

2. Abdel-Razek YA, Masoud MS, Hanfi MY. et al. J Taibah Univ Sci (2016) 10:271–280. https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2015.06.010

УГЛЕРОД-14 В ВЫБРОСАХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ИВВ-2М

Кабак В.Ю.[1], Екидин А.А.[1], Назаров Е.И.

[1]) Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

E-mail: reise.reise75@gmail.com

CARBON-14 IN RESEARCH NUCLER REACTOR IVV-2M RELEASES

Kabak V.Y.[1], Ekidin A.A.[1], Nazarov E.I.

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

In this work, the technology is being developed to register the activity of the carbon-14 isotope by liquid scintillation spectrometry on the territory of JSC “INM”, as well as to determine the contribution of various sources of inorganic ^{14}C to the total emitted radiocarbon activity.

Изотоп углерода с массовым числом 14 является одним из основных дозообразующих радионуклидов в выбросах ядерных реакторов различных типов. Поступая в атмосферу в виде различных химических соединений (чаще всего CO_2), ^{14}C встраивается в естественный углеродный цикл и далее по пищевым цепочкам проникает в организм человека. В случае поступления в организм человека, ^{14}C замещает стабильный изотоп ^{12}C и становится внутренним облучателем, что приводит к мутациям на генетическом уровне [1].

В связи с этим актуальной является задача мониторинга радиоуглерода в выбросах ядерных реакторных установок.

• Объектом исследования является исследовательский ядерный реактор ИВВ-2М, расположенном на территории АО «Институт реакторных материалов» г. Заречный. Основными источниками образования углерода-14 на ИВВ-2М являются [2]: (n,p) реакция на азоте-14, присутствующем в воздухе надреакторного пространства и воде 1-го и 2-го контура;

• (n,α) реакция на кислороде-17, присутствующем в воде 1-го и 2-го контура

• тройное деление ядер топлива.

В работе с помощью экспериментального стенда определены вклады различных источников образования ^{14}C в общую активность радиоуглерода в выбросах АО «ИРМ». Работа стенда основана на сорбции $^{14}CO_2$ 1-молярным раствором

NaOH методом барботирования. Полученные пробы смешиваются со сцинтилляционным коктейлем и измеряются на спектрометрическом комплексе СКС-07П-Б11 методом жидкостной сцинтилляционной спектрометрии.

1. И.Я. Василенко, В.А. Осипов, В.П. Рублевский. Радиоактивный углерод. Природа,1992, № 12, стр. 59-65.
2. Русских И.М. Исследовательский ядерный реактор ИВВ-2М. Атомная Энергия. Т. 121, Вып. 4, 2016.

ТРИТИЙ В ВЫБРОСАХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

Кадочникова Е.Р.[1], Екидин А.А.[1], Назаров Е.И.

[1)] Уральский Федеральный университет имени первого Президента Б.Н. Ельцина
E-mail: ekaterina.kadochnikova.romanov@gmail.com

TRITIUM IN EMISSIONS FROM A RESEARCH NUCLEAR REACTOR

Kadochnikova E.R.[1], Ekidin A.A.[1], Nazarov E.I.

[1)] Ural Federal University named after the first President B.N. Yeltsin

The paper presents methods for determining tritium in emissions, and the contribution of various sources of radioactive tritium emissions during the normal operation of the IVV-2M research reactor.

При работе АЭС образуется тритий – сверхтяжелый радиоактивный изотоп водорода. Тритий занимает особое место в радиоактивном загрязнении окружающей среды из-за его физико-химических свойств. Тритий становится частью молекулы воды, а не химической примесью, что создает более серьезную проблему, нежели другие радиоактивные изотопы, попадающие в окружающую среду [1]. Он может присутствовать во всем организме и независимо от путей поступления H-3 распределяется в нем равномерно и находится в нем в виде свободного HTO или в виде органически связанного (OCT).

Тритий в ядерных реакторах образуется в результате следующих реакций:

1. как продукт тройного деления ядер горючего;

2. в результате (n,γ) – реакции на ядрах дейтерия, находящегося в теплоносителе – воде;

3. при захвате нейтронов ядрами B и Li, находящимися в теплоносителе – воде (при борном регулировании, коррекции водного режима – на АЭС с PWR) и в стержнях регулирования;

4. в результате реакции He-3(n,p)H-3в газовом контуре (в газе, заполняющем графитовую кладку) АЭС с LWGR;

5. в результате (n,H-3) и (n,p) – реакций быстрых нейтронов на ядрах ^{14}N, ^{6}Li,^{10}B, ^{40}Ca и других, присутствующих в различных материалах, используемых в конструкции реактора [2].

После образования техногенного трития в реакторе происходит выброс его в атмосферу или сброс его в водоемы.

Для каждого типа реактора преобладает одна из вышеперечисленных реакций. В частности, в докладе рассматривается исследовательский реактор ИВВ-2М, установленный в институте реакторных материалов. Выбранный реактор является реактором типа PWR. В реакторе ИВВ-2М тритий, в основном, образуется через захват нейтрона бором-10 в теплоносителе первого контура (легкая вода). Девяносто процентов трития реакторной установки данного типа образуется в теплоносителе. Борную кислоту добавляют в систему охлаждения реактора с водой под давлением, что фактически снижает скорость, с которой происходит деление в активной зоне реактора, поглощая нейтроны для контроля реакционной способности. Оставшиеся 10% образуется другими процессами, такими как тройное деление топлива, выгорание поглотителя нейтронов в активной зоне, захвата нейтронов литием-6, активация дейтерия и гелия-3 после облучения тепловыми нейтронами в жидкости-охладителе [3,4].

На сегодняшний день существует несколько методов определения трития: ионизационные методы, методы определения концентрации трития без разложения, а также методы, основанные на радиоактивных свойствах трития – это калориметрические, фотографические, экзоэмиссионные методы.

В докладе представлены методы определения трития в выбросах и вклад различных источников выбросов радиоактивного трития при штатной работе исследовательского реактора ИВВ-2М.

1. Екидин, А.А., Жуковский М.В., Васянович М.Е. Идентификация основных дозообразующих радионуклидов в выбросах АЭС. Атомная энергия. 2016. Т. 120. вып. 2. С. 106 – 108.
2. Тритий и ЖСР // AtomInfo.Ru URL: http://atominfo.ru:17000/hl?url=webds/atominfo.ru/newsz02/a0128.htm&mime=text/html&charset=windows-1251 (дата обращения: 12.02.2021).
3. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ РЕАКТОР ИВВ-2М // ИРМ Росатом URL: http://irm-atom.ru http://irm-atom.ru/исследовательский -ядерный-реактор-и/ (дата обращения: 12.02.2021).
4. Голубев Алексей Викторович Поведение трития в окружающей среде // Вестник Мининского университета. 2015. №2 (10). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/povedenie-tritiya-v-okruzhayuschey-srede (дата обращения: 12.02.2021).

О МЕХАНИЗМАХ РЕАЛИЗАЦИИ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

Кащенко Н.М.[1], Кащенко М.П.[1,]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский государственный лесотехнический университет , г. Екатеринбург, Россия
E-mail: mpk46@mail.ru

ON MECHANISMS FOR IMPLEMENTING LOW-ENERGY NUCLEAR REACTIONS

Kashchenko N.M.[1], Kashchenko M.P.[1,]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Possible mechanisms of nuclear fusion during electric discharges in aqueous solutions are briefly listed. The expediency of calculating the shape of the "plasmoid" as a useful stage for restoring the functioning of the "Energoniva" installation is noted.

В настоящее время имеется достаточно много экспериментальных фактов, свидетельствующих о протекании низкоэнергетических ядерных реакций синтеза, например, при пропускании импульсов электрического тока в воде или водных растворах солей (см., например, [1]). Результаты адронной механики [2] позволяют предложить модель синтеза ядер [3], в которой взаимодействующие ядра сближаются на расстояние $Rc \sim 10^{-13}$ м, находясь в квазимолекулярном состоянии, качественно подобном состоянию, приводящем к синтезу гелия при мюонном катализе [4]. Как показано в [5], формированию квазимолекулярного состояния способствует электронная составляющая тока, инициирующая образование связанных электронных пар. Простейший вариант синтеза соответствует процессу захвата протонов ядрами материала электродов, что подтверждается появлением значительного содержания цинка в частицах порошка, возникшего из экстрагированного материала медных электродов [6]. В случае захвата протона проблема преодоления кулоновского барьера снимается, если допустить возникновение квазинейтронных состояний [7].

Эффективный синтез элементов, сопровождающийся и выделением энергии, наблюдался в установке Вачаева-Иванова «Энергонива» (см. главу 4 в [1]). В зоне реакции между двумя трубчатыми электродами возникал «плазмоид» в виде светящейся пленки, имеющей форму, напоминающую форму песочных часов, схематически представленную на Рис.1. Насколько известно авторам, пока не удается восстановить функционирование установки с устойчивым «плазмоидом». Для понимания механизма его формирования в качестве одного из этапов полезно рассчитать форму «плазмоида» на основе качественных соображений, приведенных в [8]. Проведенный расчет показал, что найденная форма плазмоида не сводится к поверхностям второго порядка, как допускалось в [1].

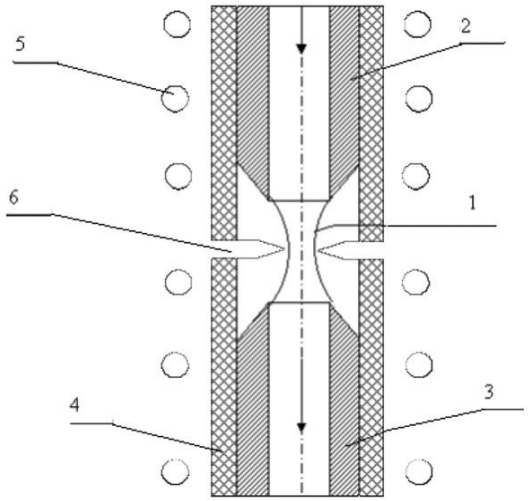


Рис. 1. Схема реактора: 1 – область разряда; 2 – верхний трубчатый электрод; 3 – нижний трубчатый электрод; 4 – корпус реактора; 5 – катушка (индуктор); 6 – импульсные электроды, стрелки показывают направление течения воды [1, 8].

Авторы выражают признательность Министерству науки и высшего образования России за поддержку при исполнении государственного задания № 075-00243-20-01 от 26.08.2020 в рамках темы FEUG-2020-0013 "Экологические аспекты рационального природопользования".

1. V. F. Balakirev, V. V. Krymskiy, B. V. Bolotov et al. Interconversion of chemical elements. Ekaterinburg, UB RAS (2003) 97 p.
2. R. M. Santilli. Foundations of Hadronic Chemistry. With Applications to New Clean Energies and Fuels. Boston-Dordrecht-London, Kluwer Academic Publishers (2001) 554 p.
3. M. P. Kashchenko, V. F. Balakirev, Letters on Materials. 8 (2), 152-157 (2018).
4. S. S. Gershtein, Yu. V. Petrov, L. I. Ponomarev, Sov. Phys. Usp. 33(8), 591-615 (1990).
5. M. P. Kashchenko, N. M. Kashchenko, Letters on Materials. 10 (3), 266-271 (2020).
6. M. P. Kashchenko, V. F. Balakirev, N. M. Kashchenko, M. B. Smirnov, Yu. L. Chepelev, V. V. Ilyushin, N. V. Nikolaeva, V. G. Pushin, Letters on Materials. 10 (4), 486-490(2020).
7. M. P. Kashchenko, N. M. Kashchenko, Letters on Materials. 9 (3), 316-321 (2019).
8. M. P. Kashchenko, V. F. Balakirev, Letters on Materials. 7 (4), 380-383 (2017).

Cs-137 ACTIVITY IN FLY ASH FROM THERMAL ELECTRIC POWER STATIONS

Ahmed I.K.[1], Khalaf H.N.B.[2, 3], Mostafa Y.A.M.[2,]

1) Department of Computer Networks Engineering, College of Information Engineering, Al-Nahrain University, Iraq
2) Department of Physics, Faculty of Science, Minia University, El-Minia, Egypt
3) Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

E-mail: hyamnazmy@mail.ru

In the present work, Cs-137 specific activity concentration is measured with a high efficiency gamma ray spectroscopy NaI(Tl) detector in fly ash samples from two thermal electric power stations in the south of Iraq (Al-Naserya and Al-Musaeb).

Radioactive ^{137}Cs has a great concern because of its long half-life (30.2 year) and its similarity to potassium which is an essential element for humans. It is well known that Cs is distributed in surface soils or specifically adsorbed on illicit clay minerals and finally enters to organisms. ^{137}Cs is made through nuclear accidents and processes is an example of anthropogenic radionuclides. In the present work, ^{137}Cs specific activity concentration is measured with a high efficiency gamma ray spectroscopy NaI(Tl) detector in fly ash samples from two thermal electric power stations in the south of Iraq (Al-Naserya and Al-Musaeb). The ^{137}Cs specific activity concentration are founded with ranges from 19.8±4.8 Bq kg^{-1} to 119.6±27.6 Bq kg^{-1} at Al-Naserya and 17.4±4.4 Bq kg^{-1} to 86±19.8 Bq kg^{-1} at Al-Musaeb station. Some of these values are alerted us to take care about the received dose because these concentrations are higher than background and world-wide limit (51 Bq kg^{-1}). Also, the presented ^{137}Cs specific activity concentration results point out an additional shot to the measured effective dose rate, which can be predicted to be the ^{137}Cs and cosmic radiation. By accounting for the contribution of ^{137}Cs in the estimated absorbed dose rate, applying the conversion coefficient 0.136 (nGy h^{-1} per Bq kg^{-1}). If a human inhale the air every day for 70 years, the radiation dose must be less than the dose limit (1 mSv y^{-1}). In case ^{137}Cs is present, the criterion is the activity of ^{137}Cs /60 ≦1.

1. UNSCEAR., Annex A & B 1, 20–141 (2000).

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕАКТОРА ВВЭР-1200 ПРИ ПОМОЩИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Костарев В.С.[1], Ширманов И.А.[1], Литвинов Д.Н.[1], Щеклеин С.Е.

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: slavakostarev@yandex.ru

ON DETERMINING OF THE OPTIMAL THERMODYNAMIC PARAMETERS OF THE VVER-1200 REACTOR USING COMPUTER SIMULATION

Kostarev V.S.[1], Shirmanov I.A.[1], Litvinov D.N.[1], Shcheklein S.E.

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The paper presents the results of computer simulation of cycle arrangements of nuclear power plants with a VVER-1200 reactor in order to obtain optimal thermodynapic parameters of the cycle.

На сегодняшний день атомные и тепловые электрические станции составляют наибольшую часть энергетической системы России (около 67%). Основная часть действующих в мире АЭС используют реакторы на тепловых нейтронах, которые обеспечивают относительно низкие начальные параметры водяного пара для паротурбинных установок, которые влекут за собой небольшие значения термического КПД (30-35%). Самым распространенным в атомной энергетике типом реактора является реактор с водой под давлением (ВВЭР или PWR). Одним из недостатков данных реакторов является низкое значение начальных параметров пара (температура и давление). Этот недостаток характеризуется ограничением по температуре, равным 350°С для оболочек твэлов из циркониевых сплавов [1].

В мировой теплоэнергетике достигнут высокий уровень развития энергетического машиностроения, благодаря которому стало возможным создание высокотемпературных паровых турбин, рассчитанных на суперсверхкритические параметры пара, и паровых компрессоров, сделал возможным применение в теплоэнергетике циклов на данных параметрах. Это позволяет рассматривать возможность достижения наибольших параметров пара на АЭС с реакторами на тепловых нейтронах без превышения допустимых условий эксплуатации твэлов с помощью компрессии [2].

Для решения задачи нахождения оптимальных термодинамических параметров пара в реакторах ВВЭР было проведено моделирование различных вариантов тепловых схем ВВЭР-1200 при различных параметрах пара при помощи САПР United Cycle с целью нахождения зависимости значения КПД от термодинамических параметров. Рассматривались различные термодинамические параметры

пара с целью получения наибольшего значения КПД в заданном диапазоне допустимых параметров [3].

В ходе работы значения КПД нетто при оптимальных термодинамических параметрах составляет:

- Для тепловой схемы со стандартными параметрами пара ηн=0,355;
- Для тепловой схемы с применением компрессии ηн=0,385.

1. T. D. Shchepetina, Energy: Economy, Engineering, Ecology. 12, 21-29 (2010).
2. V. F. Kasilov and A. V. Nizovoy, Scientific Research: from Theory to Practice. 4, 34-38 (2015).
3. United Cycle. User Manual.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НУКЛИДНОГО СОСТАВА ПЛУТОНИЯ ПРИ МНОГОКРАТНОМ РЕЦИКЛИРОВАНИИ МОКС-ТОПЛИВА В ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЕ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Косякин Д. А.[1, 2], Стогов В. Ю.[2], Коробейников В. В.

[1)] Обнинский институт атомной энергетики — филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Обнинск, Россия
[2)] Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского», г. Обнинск, Россия
E-mail: k.a.dr@yandex.ru

RESEARCH OF CHANGE IN NUCLIDE COMPOSITION OF PLUTONIUM WITH MULTIPLE RECYCLING OF MOX FUEL IN A TWO-COMPONENT NUCLEAR POWER SYSTEM

Kosyakin D. A.[1, 2], Stogov V. Yu.[2], Korobeinikov V. V.

[1)] Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, Obninsk, Russia
[2)] State Scientific Centre of the Russian Federation – Leypunsky Institute for Physics and Power Engineering, Obninsk, Russia

Annotation. Modeling the process of changing the isotopic composition of plutonium under neutron flux in fast reactor. Evaluation of the parameters of the initial composition of plutonium, providing the possibility of improving plutonium from MOX-PWR fuel in BN-800.

Одной из ключевых проблем современной ядерной энергетики является накопление отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Наиболее перспективным вариантом решения данной проблемы является переход к замкнутому топливному циклу. В рамках этой концепции рядом европейских стран в своё время

было успешно опробовано и введено в эксплуатацию смешанное уран-плутониевое топливо (МОКС-топливо) [1]. Его применение в реакторах, сконструированных для уранового топлива, имеет ряд трудностей, большинство из которых удалось решить. Тем не менее, нейтронно-физические характеристики выгружаемого МОКС-топлива не позволяют осуществить его многократное рециклирование в тепловых реакторах и решить тем самым проблему накопления ОЯТ. Это обусловлено накоплением пороговых изотопов плутония, которые не делятся в тепловом спектре. В быстрых реакторах возможно создать условия, при которых изотопный состав плутония из отработавшего МОКС-топлива тепловых реакторов измениться таким образом, что станет пригодным для повторного использования в реакторах на тепловых нейтронах [2]. Этот процесс получил название облагораживание.

В работе представлено исследование, моделирующее процессы изменения изотопного состава плутония в нейтронном потоке быстрого реактора. Определены вклады отдельных изотопов плутония в поведение доли делящихся изотопов. Проведена оценка параметров начального состава плутония, обеспечивающих возможность «облагораживания» плутония из МОКС-топлива PWR в условиях реактора БН-800 [3].

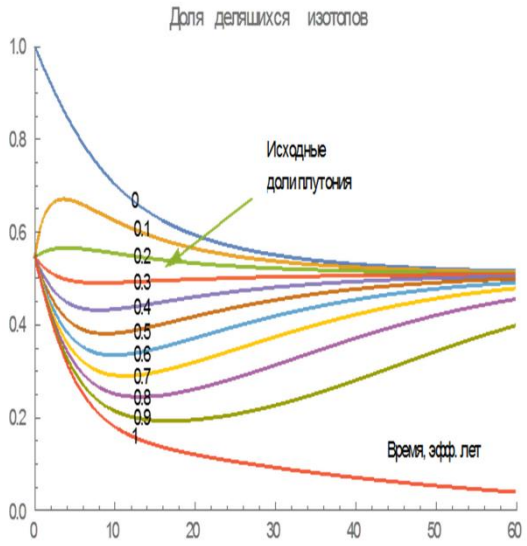


Рис. 1. Изменение доли делящихся изотопов от времени при варьировании начальной доли плутония в составе (условия облучения - ЗМО БН-800 с торцевым экраном, исходный плутоний из теплового реактора на собственном МОХ с энерговыработкой 45 ГВт/тU).

1. Ядерные делящиеся материалы (практика обращения, обзор технологий, проблемы и перспективы) / А. Никитин, В. Кузнецов, Л. Андреев и др. // Доклад объединения Bellona. 2012.
2. Возможность облагораживания плутония в БН-800 / Д.А. Клинов, А.В. Гулевич, В.А.Елисеев и др. // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы – Обнинск: АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», 2020 – Вып 2. – С. 15-21.

3. Стогов В.Ю. Изменение вектора плутония в быстром реакторе // ФЭИ-3290. Обнинск: ГНЦ РФ – ФЭИ, 2020. 17 с.

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ УНИФИКАЦИИ МЕТОДОВ ХРАНЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ДАННЫХ

Купин А.А.[1], Куприянов В.М.

[1)] Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия
E-mail: amir.kupin@inbox.ru

DESIGN OF NUCLEAR DATA STORAGE UNIFICATION METHODS

Kupin A.A.[1], Kupriyanov V.M.

[1)] National research nuclear university “MEPHI”, Moscow, Russia

There are various ways and approaches to the design of an integrated repository of nuclear technological data required for the design and modeling of the nuclear power plant fuel cycle in accordance with modern trends in the development of nuclear power.

Существующие в настоящее время совокупности наборов данных представлены в различных форматах, в исходных текстах языков программирования, либо в специально сформированных файлах, ориентированных на использование с помощью какого-либо языка программирования, то есть, имеют «процедурно ориентированный» вид, что заметно затрудняет работу с такими данными. Ведется разработка действующей модели хранилища данных, способной обеспечить реализацию концепции цифровизации процедур информационной поддержки задач моделирования топливного цикла атомной энергетики, поддержания безопасной эксплуатации АЭС, а также их вывода из эксплуатации.

Проведено исследование предметной области с учетом специфики потенциальных потребителей хранимой информации и подбор необходимых данных, анализ семантических связей, описаний свойств конструкционных материалов. Для работы с данными рассматриваются такие программные средства и языки программирования как: SQL, Python, ANACONDA, J, bb, MatML, UnitsML, позволяющие не только в полной мере описать данные в необходимом качестве, но и структурированно хранить их в базе данных.

Хранилище ядерно-технологических данных для процессов замыкания ЯТЦ, базируется на использовании стандарта MatMl, построенного на использовании языка XML, и упором на его требования, однако для удобства описания в электронной среде предлагается использовать формат [1]. Фундаментальными инструментами, формирующими требования к описанию технологических данных, а также обосновании выбора технологии их представления и лежит совокупность средств реализации обменных форматов, таких как: MatML, ThermoML и

UnitsML, позволяющие унифицировать средства описания, хранения, поиска и обмена ядерно-технологическими и теплофизическими данными [2].

За основу взята технология унификации данных о свойствах материалов на основе рекомендаций сообщества CODASIYL, с учетом практики представления данных о свойствах веществ использованием стандартов и рекомендаций стандартов MatML, а также формата JSON, который позволяет представить семантические связи между данными различной природы [3].

В совокупности данные средства позволят построить сбалансированную общую методологию использования современного дата-ориентированного подхода к представлению и хранению ядерно-технологических данных, предоставив потенциальному пользователю данные в пригодном к непосредственному использованию виду, освободив его от необходимости подстраивать входные данные под многочисленные выходные форматы, что позволит стандартизовать процедуры использования различных данных.

1. В.М. Куприянов, Н.М. Максимов, А.Н. Толстенков, «Информационные технологии в образовании», Москва., конф. МИФИ, 2011, 24-26 с.
2. Preserving nuclear knowledge in CIS countries: its current status and future prospects., V. M. Kupriyanov, I. Kitaev, Y. L. Yanev, IAEA, 2016, pp. 423-430 (8).
3. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear Power Reactors in the world IAEA, Vienna, 2019.

РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С РАСПЛАВЛЕННО-СОЛЕВЫМИ ТОПЛИВНЫМИ КОМПОЗИЦИЯМИ В ПЕТЛЕ РЕАКТОРА МБИР

Кузенкова Д.С.[1], Бландинский В.Ю.

[1)] НИЦ «Курчатовский ин-т», г Москва, Россия

E-mail: kuzenkova_ds@nrcki.ru

CALCULATED JUSTIFICATION OF EXPERIMENTS WITH MOLTEN-SALT FUEL COMPOSITIONS IN THE LOOP OF THE MBIR REACTOR

Kuzenkova D.S.[1], Blandinskiy V.Yu.

[1)] NRC «Kurchatov Institute», Moscow, Russia

The characteristics of the experimental loop channel of the MBIR reactor unit were evaluated including the equilibrium isotopic composition of molten salt fuel, the dimensions of the two intermediate heat exchanger options and the verification of the software package.

Работа посвящена моделированию равновесного изотопного состава жидкосолевой топливной композиции в экспериментальном канале реакторной установки МБИР [1].

Произведена верификация программного комплекса MCNP5 для проведения нейтронно-физических расчетов жидко-солевых топливных композиций.

Оценены характеристики петли, в том числе размеры двух вариантов промежуточного теплообменника. Разработана расчетная модель для оценки равновесного изотопного состава жидкосолевой топливной композиции.

Рассмотрены два варианта организации топливного цикла для жидкосолевой петли: с выводом протактиния и без вывода тяжёлых ядер. При помощи программной среды ISTAR [2] рассчитана максимальная тепловая мощность петлевого канала и оценен объем переработки топливной соли с извлечением делящихся нуклидов для поддержания тепловой мощности в петлевом канале на уровне 1 МВт.

Следует отметить, что оценки приведены для равновесного изотопного состава в петлевом канале. Достижение данного равновесного изо- топного состава и необходимое для этого время требуют отдельного рассмотрения.

1. Dragunov Yu.G., Tretiya- kov I.T., Lopatkin A.V. e.a. MBIR Multipurpose Fast Reactor — Innovative Tool for the Development of Nuclear Power Technologies. — Atomic Energy, 2012, v. 113, No 1, p. 24—28.
2. V. Yu. Blandinskiy and A. A. Dudnikov, “Calculations of spent fuel isotopic composition for fuel rod from VVER440 fuel assembly benchmark using several evaluated nuclear data libraries,” Kerntechnik, 83, No. 4, 325–330 (2018).

СПОСОБЫ УЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭКВИВАЛЕНТОВ ДОЗ ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ДОЗИМЕТРАМИ

Латыпов А. А.[1], Абашев Р. М.[1, 2], Моисейкин Е. В.[1],
Сюрдо А. И.[1, 2], Туйков А. С.

[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: latypov72@mail.ru

METHODS OF ACCOUNTING FOR THE ENERGY DEPENDENCE IN DETERMINING THE EQUIVALENT DOSE USING PERSONAL DOSIMETERS

Latypov A. A.[1], Abashev R. M.[1, 2], Moiseykin E. V.[1], Surdo A. I.[1, 2], Tuykov A. S.

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics UB RAS, Yekaterinburg, Russia

A comparative analysis of algorithms for calculating individual doses in mixed beta-photon fields was performed and their limitations were evaluated. New algorithm elements were developed to overcome the existing problems associated with the doses calculation in the low energy region up to 100 keV.

Целью данной работы является сравнительный анализ уже существующих алгоритмов расчета индивидуальных эквивалентов доз в смешанных бета- и фотонных полях, оценка их недостатков и разработка элементов нового алгоритма, позволяющие преодолеть имеющиеся проблемы, связанные с расчетом доз в области малых энергий до 100 кэВ, с разделением вкладов бета- и фотонного компонентов и с оценкой толщины чувствительного слоя детекторов в глазных дозиметрах.

В большинстве дозиметрических систем используются кожные детекторы с массовой толщиной чувствительного слоя, превышающей нормированную в нормах радиационной безопасности НРБ-99/09 (5 мг/см^2) [1]. Проведенное моделирование показало, что применение используемых в системах алгоритмов расчета эквивалентов доз [2,3] не позволяют корректно определять дозы в кожном покрове. Анализ алгоритмов также выявил, что если дозиметры используются в смешанных бета- гамма- полях, то вычисления корректирующих ход с жесткостью коэффициентов дают верный результат в ограниченном энергетическом диапазоне и для определенного соотношения бета- и гамма- компонентов. Кроме того, используемые алгоритмы нацелены прежде всего на прохождение сертификационных испытаний при использовании бета- и фотонных излучений с фиксированными согласно стандартам энергиями. В случае облучения дозиметров фотонными и бета- частицами других энергий, особенно в диапазоне малых энергий, менее 100 кэВ, возникают существенные ошибки в расчете доз. Поэтому

были разработаны элементы нового алгоритма, позволяющие более точно рассчитывать индивидуальные эквиваленты доз в области малых энергий с разделением вкладов бета- и фотонного компонентов.

Для преодоления неопределенности в НРБ-99/09 при нормировке толщины чувствительного слоя у детекторов в глазных дозиметрах проведена его оценка из условия непревышения ошибки измерения 10%. Согласно расчетам, величина массовой толщины чувствительного слоя должна быть не более 12.5 мг/см^2.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Экспертиза», № АААА-А19-119062590007-2) при частичной поддержке РФФИ (проект № 20-48-660045).

1. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ 99/2009): Санитарные правила и нормативы. – М.: Роспотребнадзор, 2009 г., 100 с.
2. N. Stanford, D. E. McCurdy. A single TLD dose algorithm to satisfy federal standards and typical field conditions // Health Physics Vol. 58, No. 6 (June), pp. 691-704, 1990.
3. M. Moscovitch. Dose algorithms for personal thermoluminescence dosimetry // Radiation Protection Dosimetry Vol. 47, No. 1/4, pp. 373-380, 1993.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ НА ПХРО СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ФИЛИАЛА УТО ФГУП "РОСРАО"

Лебединец А.Н.[1], Недобух Т.А.

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: Lebedinets.a.n@mail.ru

DESIGN OF AN INFORMATION SYSTEM FOR MONITORING AND ANALYZING THE RADIATION SITUATION AT THE PHRO OF THE SVERDLOVSK BRANCH OF THE UTO BRANCH OF THE FED

Lebedinets A.N.[1], Nedobukh T.A.

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A comparison of the available software and justification of the choice of structure and software for the rapid assessment of the radiation situation at PRO of the Sverdlovsk branch of the branch "Urals territorial district" of the FSUE RosRAO based on the analysis of monitoring results.

Свердловское отделение филиала «Уральский территориальный округ» является правопреемником Свердловского специализированного комбината «Радон», с июля 2008 года функционирует в качестве структурного подразделения ФГУП «РосРАО».

Одна из основных проблем, связанных с оперативной оценкой радиационной обстановки на ПХРО Свердловского отделения филиала «Уральский территориальный округ» ФГУП «РосРАО», заключаются в том, что учет результатов мониторинга радиационной обстановки ведется на бумажных носителях данных. Это значительно замедляет процесс работы; усложняет проведение анализа данных радиационной обстановки, как общей, так и каждой точки в отдельности; затрудняет анализ динамики радиационной обстановки на объекте и возможности ее прогнозирования.

Решение проблем состоит в разработке программного обеспечения для обеспечения единой базы данных, информационной системы для учета и анализа радиационной обстановки. Программа должна обладать развитым графическим интерфейсом и давать возможность работать с ней пользователям различной квалификации.

Проведено сравнение доступного программного обеспечения и обоснован выбор структуры и программных продуктов для решения поставленных задач.

В качестве технологии доступа к данным была выбрана Microsoft ActiveX Data Objects. В качестве СУБД была выбрана СУБД My SQL. Доступ к СУБД осуществляется посредством объектов доступа к данным Microsoft ADO

(ActiveX Data Object), что дает возможность унифицируемого доступа к СУБД с использованием различных типов поставщиков данных.

Модели СУБД автоматически генерируются из трансформационных моделей и являются точным отображением системных каталогов СУБД. Для обоснования выбора языка программирования произведено сравнение C# с другими языками программирования для приложения. Его основными конкурентами являются – Perl, ASPi.NET, ColdFusiion и Java.

При решении поставленной задачи оптимальным для представления информационных материалов является язык C#. Этот язык является языком высокого уровня и дает возможность быстрого и эффективного создания приложений.

Таким образом, проведен анализ и обоснованный выбор программного обеспечения информационной системы мониторинга и анализа ради-ой обстановки.

1. https://www.mysql.com/
2. https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/
3. https://rosfeo.ru/

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ КОНДИЦИОНИРОВАННЫХ ЖИДКИХ ОТХОДОВ

Литовченко В.Ю.[1, 2], Васютин Н.А.[1, 2], Ташлыков О.Л.[2],
Козлов А.В.[1], Селезнев Е.Н.

[1)] АО "Институт реакторных материалов", Заречный, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: xoce0396@gmail.com

USING THE MONTE-CARLO METHOD TO OPTIMIZE THE RADIATION PROTECTION COMPOSITION OF CONTAINERS FOR DISPOSAL OF CONDITIONED LIQUID RADIOACTIVE WASTE

Litovchenko V.Yu[1, 2], Vasutin N.A.[1, 2], Tashlykov O.L[2], Kozlov A.V.[1], Seleznev E.N.

[1)] JSC "Institute of Nuclear Materials", Zarechny, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The need to bring radioactive waste (RW) into compliance with the acceptance criteria for final isolation is postulated. The developed algorithms for solving the problem of optimizing the composition of the radiation protection of containers for the placement of radioactive waste using a MCNP5 code.

С 2013 г на АЭС России реализуется стратегия, предусматривающая уменьшение образования, переработку и приведение всех РАО, образующихся при эксплуатации и выводе из эксплуатации АЭС, в соответствие с критериями приемлемости, которые установлены нормативным документом НП-093-14 [1].

Основной задачей при обращении с ЖРО является окончательная изоляция кондиционированных РАО. Среди методов кондиционирования наибольшее сокращение объемов ЖРО происходит при селективной сорбции. Это определяет её преимущества и позволяет сконцентрировать радионуклиды в небольшом объеме сорбента [2]. Важным условием реализации данной технологии является обеспечение радиационной безопасности. С 2014 года специалистами кафедры “Атомные станции и ВИЭ” УрФУ и АО «ИРМ» проведен ряд расчетно-экспериментальных исследований различных материалов с целью оптимизация радиационной защиты фильтр-контейнеров, содержащих сорбент, насыщенный радионуклидами.

Для расчёта мощности дозы в зависимости от упаковываемого материала использовался расчётный код MCNP5. Моделировался контейнер НЗК-150-1,5П, внутри размещался стальной вкладыш, в который упакованы предварительно зацементированные РАО. Между вкладышем и внутренними стенками контейнера содержались исследуемые материалы. На расстоянии 1 м от внешних стенок моделировались детекторы из человеческой ткани диаметром 10 см.

В данной работе проводится оценка эффективности применения различных отходов, которые образуются в результате деятельности какой-либо промышленности (зола, шлаки и т.д.), в качестве дополнительной радиационной защиты. Гранатовый песок (альмандин гранат), природные минералы, также представляют интерес для использования в качестве защиты.

Значительный интерес представляет исследование возможности использования в качестве дополнительного экранирующего слоя в контейнерах низкоактивных и очень низкоактивных отходов, образующихся, например, при фрагментации демонтированного оборудования) с соблюдением критериев приемлемости в соответствии с НП-093-14 [3].

1. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии: НП-093-14. Критерий приемлемости радиоактивных отходов для захоронения [текст]: Нормативно-правовой документ. – Москва [б.и.], 2015. – 24 с.
2. Ремез В.П., Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Иошин А.А., Кузнецов С.Б. Повышение Эффективности локализации радионуклидов кобальт-60 и цезий-137 из жидких радиоактивных отходов в решении проблемы обеспечения радиационной безопасности АЭС // Ядерная физика и инжиниринг. 2016, том 7, № 2, с. 129–137.
3. Ташлыков О.Л. Дозовые затраты персонала в атомной энергетике. Анализ. Пути снижения. Оптимизация / О.Л. Ташлыков: монография. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. RG. 2011. 232 с.

РАЗРЯДКА ОТРАБОТАВШИХ ЗАКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ФГУП «ФЭО»

Манзон Р.К.

[1] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: manzon.roman@yandex.ru

DISCHARGE OF SPENT CLOSED IONIZING RADIATION SOURCES AT FSUE “FEO”

Manzon R.K.

[1] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The work describes the process of discharging spent ionizing radiation sources by manual manipulators. Spent ionizing radiation sources are removed into well-type storage facilities.

За десятки лет, начиная с шестидесятых годов двадцатого века, в Свердловском спецкомбинате «Радон» (предшественник ФГУП «ФЭО» до 2008 г.) было накоплено несколько тысяч радиоизотопных приборов и блоков с отработавшими закрытыми источниками ионизирующего излучения (ОЗИИИ). Приповерхностные хранилища, объемом свыше 1000 м^3, частично были заполнены. С 2012 г. появилась возможность частично освободить хранилища, за счет разрядки блоков источников и радиоизотопных приборов. При этом нерадиоактивные части приборов и защитные блоки ОЗИИИ можно утилизировать как вторсырье или нерадиоактивные отходы, а сами извлеченные ОЗИИИ с истекшим назначенным сроком службы имеют существенно меньший объем.

В здании камеры перегрузки (перезарядки) ИИИ («горячая» камера) осуществляются следующие процессы:

- перегрузки закрытых отработавших источников гамма-, бета- и нейтронного излучений из транспортных защитных контейнеров с верхней загрузкой и выгрузкой в технологический контейнер с верхней загрузкой и нижней (донной) выгрузкой, с последующей передачей контейнера на участок бесконтейнерного хранения источников хранилища ТРО для выгрузки из контейнера источников в емкости хранилищ,
- перезарядки блоков излучения, радиоизотопных приборов технологического контроля.

Все разряженные источники в «горячей» камере идентифицируют по номеру, сверяют по паспорту при условии его сохранности, после чего помещают в контейнер ТПК-5А. Данный тип контейнера пятиканальный, и в зависимости от активности и размеров источников в него помещается от 20 до 70 ОЗИИИ. После полного заполнения ТПК-5А транспортируется в хранилище для бесконтейнерного хранения источников. Там он опорожняется с помощью механизма, расположенного в донной части. По мере заполнения бесконтейнерного хранилища

производятся некоторые этапы кондиционирования, такие как сушка хранилища, заливка источников легкосплавом и свинцом.

В работе были составлены технологические решения и новые методы разрядки различных приборов, обработаны статистические данные разряженных ОЗИИИ и произведены выводы по влиянию условий эксплуатации ОЗИИИ на процесс разрядки.

1. Карлина О.К. Кондиционирование отработавших источников ионизирующего излучения // Безопасность ядерных технологий и окружающей среды. -1. - 2007 г.

ВОЗМОЖНОСТЬ ТРАСМУТАЦИИ МИНОРНЫХ АКТИНИДОВ В УРАН-ТОРИЕВОМ ТОПЛИВНОМ ЦИКЛЕ

Михалев А.В.[1], Коробейников В.В.[1, 2], Колесов В.В.

[1)] Обнинский институт атомной энергетики — филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Обнинск, Россия
[2)] Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского, г. Обнинск, Россия
E-mail: mikhalev.alexandr2017@yandex.ru

THE POSSIBILITY OF TRASMUTATION OF MINOR ACTINIDES IN THE URANIUM-TORIUM FUEL CYCLE

Mikhalev A.V.[1], Korobeinikov V.V.[1, 2], Kolesov V.V.

[1)] Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, Obninsk, Russia
[2)] State Scientific Centre of the Russian Federation – Leypunsky Institute for Physics and Power Engineering, Obninsk, Russia

One of the most important problems in nuclear power engineering is the accumulation of large amounts of minor actinides. A possible solution is transmutation in the fast neutron spectrum. It is promising to use the uranium-thorium fuel cycle.

На сегодняшний день многие страны используют открытый ядерный топливный цикл, при этом отсутствует определенная стратегия обращения с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ). Такая ситуация приводит к увеличению количества ОЯТ, хранящегося в специализированных хранилищах и хранилищах ОЯТ на атомных электростанциях (АЭС). Результатом сложившийся ситуации является накопление минорных актинидов, а именно изотопов америция, нептуния и кюрия.

Одним из путей решения проблемы ОЯТ является замыкание топливного цикла с использованием быстрых реакторов на МОКС топливе и трансмутация в

них малых актинидов путем создания специализированных сборок, либо подмешиванием в топливо. Однако, этот путь имеет ряд недостатков. Топливный цикл с быстрыми реакторами на МОКС-топливе производит собственные минорные актиниды (даже если топливный цикл замкнут не только по плутонию, но и по МА). Кроме того, изотопный состав плутония включает изотоп Pu-241, который после бета-распада превращается в Am-241, что является важной проблемой при долгосрочном хранении ОЯТ.

Альтернативным путем может стать использование уран-ториевого топливного цикла. Его использование при долгосрочной перспективе развития ядерной энергетики является практически неизбежным. В решении проблемы малых актинидов у таких реакторов также имеется существенное преимущество – отсутствие накопления малых актинидов при работе реактора. В частности, активно развивается идея создания жидко-солевого реактора с уран-ториевым топливом. Уже сегодня существует возможность эффективно растворять в солях уран, торий и плутоний, кроме того, возможно растворять америций, что позволяет трансмутировать его путем подмешивания в общую смесь [1]. Технология позволяет разработать реакторы как на тепловых, так и на быстрых нейтронах.

При создании быстрого реактора с твердым топливом на основе Th-232 и U-233 существует возможность эффективной трансмутации малых актинидов без дополнительного их накопления. Промышленного образца реактора на быстрых нейтронах с уран-ториевым топливом на данный момент не существует, однако специалисты разных стран ведут активные разработки в этом направлении.

Проблема накопления малых актинидов является одной из самых серьезных при использовании ядерной энергетики и тем более при увеличении доли генерации электроэнергии на АЭС. Ее решение является достижим, однако требует длительного времени освоения технологий. В этот период малые актиниды могут быть использованы в различных отраслях, в частности для генерации энергии в составе радиоизотопных термоэлектрических генераторов [2]. В докладе приведены результаты сравнения эффективности трансмутации минорных актинидов в реакторе на быстрых нейтронах с МОКС-топливом и топливом на основе Th-232 и U-233.

1. A. V. Mikhalev, Chernov D. O. and Korobeinikov V. V. Journal of Physics: Conference Series 1689, 1, 1-8 (2020).
2. A. M. Degtyarev, L. I. Ponomarev, Atomic energy 112, 6, 367-368 (2012).

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС НА БАЗЕ КАМЕР ПЛАЗМЕННОГО ФОКУСА

Михайлов Ю.В.[1], Прокуратов И.А.[1], Лемешко Б.Д.[1],
Дулатов А.К.[1], Кадыргулов А.А.

[1)] ФГУП "ВНИИА им. Н.Л. Духова", Москва

E-mail: akdulatov@vniia.ru

RESEARCH SYSTEM BASED ON PLASMA FOCUS CHAMBERS

Mikhailov Yu.V.[1], Prokuratov I.A.[1], Lemeshko B.D.[1],
Dulatov A.K.[1], Kadyrgulov A.A.

[1)] Dukhov Automatics Research Institute, (VNIIA)

Research system based on plasma focus chambers used the pulsed neutron and X-ray generator with plasma focus chambers with radiation pulse duration ~10 ns. The electrodes surface modification of the chambers after interaction with the plasma sheath and directed plasma jets are shown experimentally.

В работе описан научно-исследовательский комплекс оборудования, позволяющий решать широкий спектр научных и учебных задач в областях мощной импульсной электрофизики, физики плазмы, вакуумной техники, генерации и регистрации ионизирующих излучений. В основе комплекса лежит импульсный генератор нейтронного и рентгеновского излучений на базе камер плазменного фокуса (ПФ) с длительностью импульсов от 5 до 50 нс. Рассмотрены принципы работы генераторов излучения с камерами ПФ. Описаны особенности конструкции отпаянных камер с генератором газа, обеспечивающим заполнение дейтерием и дейтерий-тритиевой смесью для генерации нейтронов с энергией 2,5 МэВ и 14 МэВ соответственно (в диапазоне выхода нейтронов $10^5 \div 10^12$ нейтр./имп.), и особенности конструкции исследовательских камер ПФ с вакуумным вентилем для заполнения различной газовой смесью в режиме генерации импульсного рентгеновского излучения (РИ).

Рассмотрены детекторы импульсного нейтронного и рентгеновского излучения, входящих в комплекс, на основе активационной методики, гелиевых счётчиков, сцинтилляционных детекторов с временным разрешением менее 10 нс. Приведены направления исследований, связанные с моделированием динамики формирования, ускорения и сжатия токоплазменной оболочки в камере ПФ (магнитогидродинамическая модель), электротехническое моделирование и экспериментальные работы с мощными электрофизическими установками.

Описанные конструкции исследовательских разборных камер ПФ обеспечивают возможность изучения спектра процессов, сопровождающих сжатие токоплазменной оболочки в пинч на оси камеры ПФ, и последующее формирование направленных плазменных струй вдоль оси камеры ПФ. Результаты исследования жесткого РИ камер ПФ показали, что спектр излучения лежит в диапазоне от

20 до 300 кэВ. Экспериментально показано формирование токовых филаментов на стадии формирования токоплазменной оболочки в количестве более десяти штук, и модификация поверхностей электродов камер ПФ после взаимодействия с токоплазменной оболочки и направленными плазменными струями.

УГЛЕРОД-14 В ГОДИЧНЫХ КОЛЬЦАХ ДЕРЕЬВЕВ В ОКРЕСТНОСТИ "ИНСТИТУТА РЕАКТОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ" Г. ЗАРЕЧНЫЙ

Назаров Е. И.

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: e.nazarov1005@gmail.com

CARBON-14 IN TREE RINGS IN THE VICINITY OF THE INSTITUTE OF NUCLEAR MATERIALS, ZARECHNIY

Nazarov E. I.

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

The paper presents an analysis of the concentration of carbon-14 in tree rings in the vicinity of the Institute of Nuclear Materials, which is a source of carbon-14 releases into the atmosphere. Comparison with "background" concentrations of carbon-14 in tree rings is also performed.

Углерод-14, с периодом полураспада 5730 лет, является одним из основных дозообразуюших радионуклидов, присутствующих в выбросах любых ядерных реакторов, независимо от их типа [1]. По своим химическим свойствам углерод-14 идентичен стабильному углероду-12. Поступая в окружающую среду в виде различных химических соединений, он встраивается в естественный углеродный цикл, а затем накапливается в растениях за счет фотосинтеза и по пищевым цепочкам попадает в организм человека. Опасность накопления радиоуглерода в тканях живых организмов обусловлена двумя факторами [2]:

- ионизирующим действием β-частиц и ядер отдачи азота, возникающих в результате распада ядра ^{14}C непосредственно в молекулах органических соединений, для которых он становится внутренним облучателем.
- мутагенными нарушениями в клетках живых организмов: изменение химического состава молекулы в результате превращения при радиоактивном распаде атома ^{14}C в атом ^{14}N.

Важным практическим способом подтверждения безопасной работы предприятий ядерного топливного цикла (ЯТЦ) является мониторинг содержания радионуклидов в компонентах экосистем, подверженных длительному воздействию этих предприятий [3]. В качестве таких компонентов могут выступать годичные кольца деревьев.

В работе представлен анализ концентрации углерода-14 в годичных кольцах деревьев трех различных пород с критического участка выброса высотной трубы АО «Институт реакторных материалов» г. Заречный. На его территории расположен исследовательский ядерный реактор «ИВВ-2М», который является источником выбросов углерода-14. Анализ концентрации углерода-14 выполнен методом ускорительной масс-спектрометрии в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН.

1. M. Vasyanovich et al. Nuclear Engineering and Technology., 2019, vol. 51, iss. 4, p. 1176-1179.
2. Рублевский В.П., Яценко В.Н. Атомная энергия. – 2018. – Т. 125. № 5. – С. 301-306.
3. Мониторинг окружающей среды и источников для целей радиационной защиты: серия норм безопасности МАГАТЭ, №. RS-G-1.8, 2016.

ПОСТУПЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНОГО ЙОДА В АТМОСФЕРУ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС

Назарович А.В.[1], Екидин А.А.[2], Антонов К.Л.

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

RELEASE OF RADIOACTIVE IODINE IN THE ATMOSPHERE DURING NPP NORMAL OPERATION

Nazarovich A.V.[1], Ekidin A.A.[2], Antonov K.L.

[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 отраслью глобальной энергетики и составляет около 11% производимого в мире электричества [1]. В 30 странах эксплуатируется более четырехсот ядерных реакторов на АЭС с общей мощностью около 380 гигаватт электрической энергии [1].

По оценкам МАГАТЭ к 2030 году будет эксплуатироваться АЭС суммарной мощностью от 385 ГВт и 632 ГВт [2]. С развитием ядерной энергетики возрастает интерес к проблеме охраны окружающей среды от радиоактивного загрязнения. Это в свою очередь ведет к необходимости исследования закономерностей в функционировании источников выбросов радиоактивных веществ [3].

При эксплуатации АЭС потенциальную опасность составляют радионуклиды, которые образуются непосредственно в активной зоне реактора и попадают в окружающую среду при штатных выбросах. В результате деления 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. Изотопы йода (I) с массовыми числами 123, 129, 131, 132, 133, 135 входят в перечень радионуклидов, в отношении которых в РФ применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды при выбросах в атмосферу [4].

При штатной эксплуатации АЭС изотопы йода могут поступать в окружающую среду как с жидкими сбросами, так и с газообразными выбросами [5]. По результатам радиационно-технических обследований источников выбросов радионуклидов АЭС России установлено, что ^{131}I является одним из пятнадцати радионуклидов, которые определяют не менее 99% эффективной дозы облучения критической группы населения от выбросов АЭС [3].

Вклад в облучение от изотопов йода зависит от типа реакторных установок. Для АЭС с реакторными установками типа PWR изотопы йода формируют вклад

в эффективную дозу облучения от 0,3 до 0,5%, для BWR около 1% [3]. В настоящей работе представлена оценка вклада выбросов АЭС США в содержание изотопов йода в атмосфере за период с 2005 по 2018 гг.

Основное количество (более 70%) энергоблоков в мире представлено типами PWR и BWR. Наибольшее количество АЭС с РУ PWR и BWR эксплуатируются в США – 64 РУ типа PWR и 32 типа BWR, которые генерируют 20% от потребляемой электроэнергии. Анализ практической деятельности представительного количества РУ за длительный период позволяют сделать обоснованные характеристики рассматриваемых типов РУ по степени воздействия на окружающую среду от выбросов изотопов йода с целью:

– идентификации АЭС конкретного типа РУ с наилучшей, наихудшей и устойчивыми практиками;

– прогнозировать изменение количества выбрасываемого йода с увеличением или уменьшением производства электроэнергии АЭС или изменением структуры ядерной энергетики по типам РУ.

1. Indicators for Nuclear Power Development // IAEA Nuclear Energy Series, Technical Reports. – 2015. – No NG-T-4.5. – P. 93.
2. Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050 // IAEA Reference Data Series. – 2015. –No 1. – P. 139.
3. Ekidin, A.A., Modern technologies of environmental impact management as a tool for compliance with the ALARA principle / A.A. Ekidin, A.V. Vasiliev, M.E. Vasyanovich // Biosphere compatibility: man, region, technology. – 2017. – V. 2(18). – P. 67 – 74.
4. Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды. Распоряжение Правительства РФ от 8 июля 2015 г. № 1316-р // Собр. Законодательства РФ. 2015. С. 21.
5. Стыро, Б.И. Изотопы йода и радиационная безопасность: монография / Б.И. Стыро, Т.Н. Недвецкайте, В.И. Филистович. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 256 с.

ПЕРЕРАБОТКА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ ДЕЗАКТИВАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ДРОБЕМЕТНОЙ УСТАНОВКИ

Немкин А.А.[1], Семенищев В.С.

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Физико-технологический институт, кафедра Радиохимии и Прикладной экологии, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: 89002026045@mail.ru

PROCESSING OF METAL RADIOACTIVE WASTE BY DEACTIVATION METHOD USING A SHOT BLASTING PLANT

Nemkin A.A[1], Semenishchev V. S.

[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

In this work, the improvement and opening of a new direction for the processing of metal radioactive waste was studied. Research and development work (R&D) was carried out - a set of works aimed at obtaining new knowledge and practical application when creating a new product or technology.

Обращение с РАО – деятельность по сбору, сортировке, переработке, кондиционированию, перевозке, хранению и захоронению радиоактивных отходов. Целью обращения с РАО является обеспечение безопасности населения и окружающей среды в настоящее время и в будущем, которое будет реализовано путём их надежной изоляции, обеспечивающей радиационную безопасность человека и окружающей среды на весь период потенциальной опасности РАО. Таким образом, конечной целью обращения является изоляция РАО, безопасность которых обеспечивается путём последовательной реализации концепции глубокоэшелонированной защиты, основанной на применении системы инженерных барьеров (в случае приповерхностного захоронения) или совокупности инженерных и природных (естественных) барьеров (в случае захоронения в глубоких геологических формациях). Система защитных барьеров должна сохранять стабильность, работоспособность и защитные свойства в течение всего срока потенциальной опасности отходов.

Основными принципами функционирования единой государственной системы обращения с РАО являются охрана жизни и здоровья человека, настоящего и будущих поколений, охрана окружающей среды от негативного воздействия РАО.

Работы по совершенствованию технических решений направлены на снижение объёма конечного продукта; стабильность и прочность конечного продукта, гарантирующего долговременность и безопасность хранения; на надежность и простоту реализации способа кондиционирования; на уменьшение количества,

образующихся при этом вторичных радиоактивных отходов, а также на уменьшение количества технологических переделов.

В работе исследован метод переработки металлических РАО путем сухой дезактивации поверхностного загрязнения металлических радиоактивных отходов с помощью дробеметной установки. Определено, что для данного метода переработки пригодны твердые РАО, представляющие собой металлические фрагменты, изделия цветных и черных металлов без скрытых полостей толщиной не менее 2 мм, не имеющие пористой структуры, масляных загрязнений. По результатам испытаний было установлено, что коэффициенты очистки выбранных образцов составляют от 70 до 99 % в зависимости от времени обработки.

1. НП-020-2015 «Сбор, переработка, хранение и кондиционирование твёрдых радиоактивных отходов.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ПРОБ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДНОГО СОСТАВА

Никитенко Е.И.[1], Кружалов А.В.

[1)] ФГУП "ПО "Маяк",г. Озерск, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: e.i.nikitenko89@gmail.com

COMPARISON OF CONCENTRATION METHODS FOR SAMPLES OF GASEOUS EMISSIONS FROM AN INDUSTRIAL REACTOR FACILITY FOR DETERMINING THE RADIONUCLIDE COMPOSITION

Nikitenko E.I.[1], Kruzhalov A.V.

[1)] FSUE "PA "Mayak", Ozersk, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The results of measuring emissions of inert radioactive gases from an industrial nuclear reactor on a semiconductor gamma spectrometer, using cryogenic concentration sampling and the sampling method with concentration under pressure are shown. Comparison of methods is carried out.

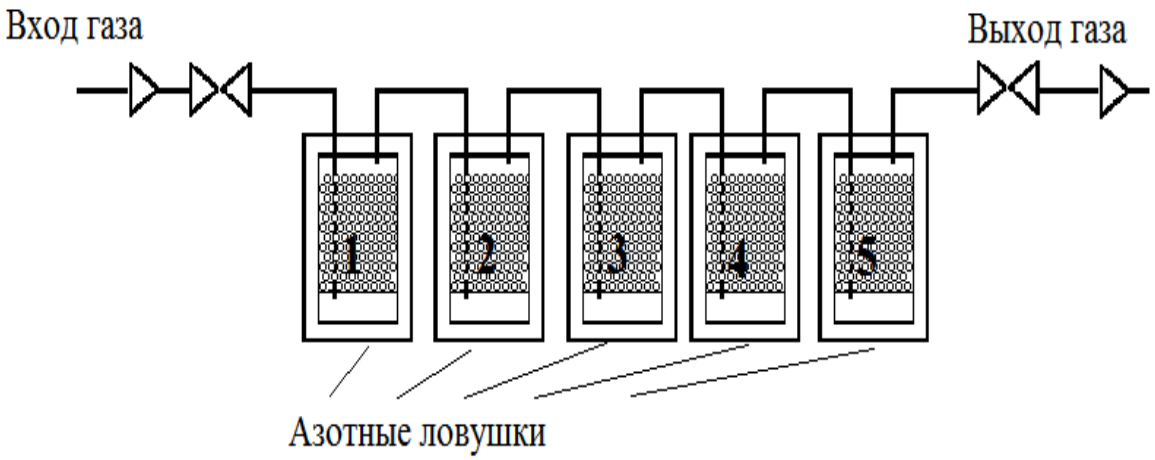
В процессе эксплуатации ПРУ образуются газоаэрозольные радиоактивные отходы. Несмотря на предварительную очистку, часть аэрозолей, газов и паров поступают в окружающую среду и могут создавать дозовую нагрузку на персонал предприятия и население проживающее на близлежащей территории. Основными дозообразующими радионуклидами, радионуклидный состав которых в соответствии с распоряжением правительства РФ от 08.07.2015 г, №1316-р «Об

утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды», необходимо контролировать – являются ИРГ [1]: активационного происхождения Ar-41, продукты деления урана Kr-85m, Kr-85, Kr-87, Kr-88, Xe-133, Xe-135, Xe-138.

Для корректного определения радионуклидного состава выбросов ИРГ, необходимо использовать методы, имеющие нижний порог измерения, удовлетворяющий требованиям, которые обусловлены объемными активностями выбрасываемых газообразных радиоактивных отходов при любом режиме работы реактора.

В работе использовались два метода:

Метод концентрирования газовой пробы с использованием метода криогенного замораживания в каскаде из пяти азотных ловушек (далее - АЛ) и метода концентрирования пробы с использованием закачки газовоздушной среды из сбросной трубы промышленной реакторной установки в сосуд маринелли под давлением 1 МПа. Метод криогенно концентрирования основан на прокачке газовой смеси через каскад из пяти последовательно соединенных АЛ (рисунок 1), представляющих из себя барботер объемом 100 мл с толщиной стальных стенок 2,5 мм. АЛ заполнены силикагелем с насыпной плотностью 1 мг/см^3.



Показано, что метод отбора проб в сосуд Маринелли под давлением 1 МПа в сравнении с методом криогенного концентрирования имеет недостаточный НПИ для определения в выбросах реакторной установки таких радионуклидов, как Kr-85m, Kr-88, Xe-138 из-за их малой концентрации после прохождения всех систем газоочистки и выдержки.

Общая загрузка детектора гамма-спектрометра при одновременном отборе проб из сбросной трубы двумя методами составляет: для криогенного метода (первая по ходу потока газовой смеси азотная ловушка) – 26 с$^{-1}$, для метода концентрирования под давлением в сосуде Маринелли – 11 с$^{-1}$. Это показывает меньшую эффективность метода концентрирования под давлением 1 МПа в сравнении с методом криогенного замораживания.

Применения метода концентрирования пробы под давлением в сосуде Маринелли возможно при увеличении рабочего давления в сосуде, по предварительным расчетам, до 3 МПа, и как следствие необходимость разработки сосуда Маринелли, удовлетворяющего требованиям.

1. Екидин А.А., Жуковский М.В. и др., Атомная энергия. 2016. Т. 120. № 2. С. 106-108.
2. INPRO Methodology for Sustainability Assessment of Nuclear Energy Systems: Environmental Impact of Stressors, NG-T-3.15, IAEA, Vienna, 2016.
3. Никитенко Е.И., Ромадов Н.Н. и др., АНРИ. 2020. Т. 103. №4. С. 46-54

THE ROLE OF Er_2O_3 IN THE TeO_2-ZnO GLASS SYSTEM: MECHANICAL AND GAMMA-RAY SHIELDING CHARACTERISTICS

Hanfi M.Y.[1], Nazrin S.N.[2], Halimah M.K.[2], Mahmoud K.

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Department of Physics, Faculty of Science, Universiti Putra Malaysia, Selangor, Malaysia
E-mail: maousdmasoud@gmail.com

Mechanical and shielding properties are affected by the addition erbium oxide in the Zinc-tellurite glasses.

In several types of space research, oil industry, industry, dental and medical fields, and nuclear research facilities, the rapid use of ionizing radioisotopes makes the need for effective radiation shielding materials to protect individuals and patients in the several radiation regions who deal directly or indirectly with high-energy ionizing radiation a very vital issue 1,2. Mechanical features are investigated to the glass system with the chemical composition [(TeO_2)70 (ZnO)3]100-x (Er_2O_3)x] with molar fraction, x = 1, 2, 3, 4, and 5. Elastic modulus is predicted theoretically utilizing various mechanical models and compared with the experimental data. Moreover, the shielding properties are detected using the Monte Carlo simulation code (MCNP5). Among the shielding factors, The mass attenuation coefficient (MAC), the transmission factor (TF) and effective electron density (Neff). Successively, exposure builds up factor (EBF) and energy absorption build-up factor (EABF) were predicted using the BXCOM program to appreciate the photons accumulation inwards the studied glass material. Finally, it has been concluded the present synthetical glasses are preferred to utilize in various radiation shielding applications.

1. M.Y Hanfi, M.I Sayyed, E. Lacomme, K.A Mahmoud, I. Akkurt, The influenceof MgO on the radiation protection and mechanical properties of tellurite glasses, Nuclear Engineering and Technology, https://doi.org/10.1016/j.net.2020.12.012.
2. Mahmoud, K. A., Sayyed, M. I., Alhuthali, A. M. S., & Hanfi, M. Y. (2020). The effect of CuO additive on the mechanical and radiation shielding features of Li2B4O7–

Pb2O3 glass system. Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. doi:10.1016/j.bsecv.2020.11.005.

ДОЗИМЕТРИЯ СЛАБОПРОНИКАЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ АО "ИРМ"

Полозов К.В.[1], Пышкина М.Д.[1], Екидин А.А.[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: kirillpolozo@mail.ru

DOSIMETRY OF WEAKLY PENETRATING RADIATION AT WORK STATIONS OF THE INM JSC

Polozov K.V.[1], Pyshkina M.D.[1], Ekidin A.A.[1,]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Industrial Ecology UB RAS, Yekaterinburg, Russia

The effectiveness of plexiglass as protection against beta radiation has been investigated. Values of H’(0.07,Ω), H’(3,Ω) and H*(10) have been measured at about several workplaces. A conclusion has been made about the need to using personal protective equipment.

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 [1]. 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 слабопроникающим излучением (β-излучение), так и сильнопроникающим 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 был проведен эксперимент по определению эффективности лицевых СИЗ в качестве защиты от слабопроникающего излучения. Получены кривые ослабления бета-излучения источника ^{90}Sr-^{90}Y, результаты сопоставлены с теоретическим расчетом в программе Varskin 6.1. С помощью дозиметра RAM ION измерены H′(0,07, Ω), H′(3, Ω) и H*(10) на рабочих местах в АО «ИРМ», где

присутствует бета-излучение [2]. С помощью набора пластинок оргстекла получены кривые ослабления амбиентного эквивалента дозы. На основе анализа всех полученных данных сделано заключение о целесообразности использования лицевых СИЗ на рабочих местах, где присутствует слабопроникающее излучение [3].

1. ICRP, 2012. ICRP Statement on Tissue Reactions and Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. ICRP Publication 118.
2. Пышкина М.Д., Жуковский М.В., Екидин А.А. Измерение амбиентного и направленного эквивалентов доз на рабочих местах персонала АО «ИРМ» и Белоярской АЭС. –2019. – АНРИ №2(97). – С. 43-50.
3. Нурлыбаев К., Мартынюк Ю.Н. Проблемы дозиметрии слабопроникающих излучений. – 2011. – АНРИ №3. – С. 9-14.

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАССЕЯНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ПРИМЕСЕЙ В АТМОСФЕРЕ

Пыхов О.А.[1], Екидин А.А.[2], Пышкина М.Д.

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт промышленной экологии, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: pyhovoleg31@gmail.com

DEVELOPMENT OF HARDWARE-SOFTWARE SOLUTION FOR MODELING OF RADIOACTIVE IMPURITIES ATMOSPHERIC SCATTERING

Pyhov O.A.[1], Ekidin A.A.[2], Pyshkina M.D.

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Industrial Ecology, Yekaterinburg, Russia

Hardware-software solution for athmospheric scattering of radioactive impurities modeling were being developed. Other tools for such analisys were reviewed. Demonstration of intermediary software blocks is presented.

Величина допустимого выброса (ДВ) является основным нормативом, соблюдение которого обеспечивает непревышение пределов доз облучения населения и сохранение благоприятной окружающей среды. Установление нормативов допустимых выбросов предоставляет возможность регулирующим органам оптимизировать выбросы радиоактивных веществ в атмосферу [1]. Таким образом, существует потребность в автоматизированном расчете ДВ для предприятий атомной промышленности с большим количеством источников выбросов различной высоты и радионуклидного состава на основании требований федерального законодательства в области охраны окружающей среды и радиационной безопасности [2], [3].

Целью разработки программного комплекса, реализующего такой расчет, будет создание инструмента для оперативной оценки воздействия выбросов радиоактивных веществ из большого числа источников, неравномерно распределенных на большой площади. Основные задачи разработки: расчет климатических показателей, основанных на метеорологических данных, характерных для территории конкретного объекта; подготовка геопространственных данных для рассматриваемой территории; моделирование рассеяния примеси в атмосфере согласно Гауссовой модели переноса [4]. Программный комплекс помимо текстового вывода результата расчетов, должен визуализировать пространственное распределение величин ОА и эффективных доз.

Несмотря на то, что подобное программное обеспечение уже существует, нельзя не отметить ряд недостатков (невозможность задания пространственного

распределения источников, отсутствие учета рельефа или неоптимальная дискретизация территории), которые ухудшают точность оценок, основанных на таких расчетах.

Новая методика предполагает использование квадратной сетки дискретизации рассматриваемой территории произвольной формы и использование климатических показателей и геопространственных данных (таких как тип местности и высота подъема рельефа), специфичных для этой области. Демонстрационной вариант визуализации пространственного распределения произвольной величины, реализованный разработанным блоком визуализации данных, представлен на рис. 1. Также разработано решение для подготовки геопространственных данных в формате текстового CSV файла и программный модуль для расчета климатических показателей на основе метеорологических данных.

Программный комплекс можно будет применять как по прямому назначению (расчет ОА и эффективных доз для оперативной оценки воздействия примесей нормирования ДВ), так и для оценки влияния различных параметров (тип местности и др.) на рассеяние радиоактивных веществ согласно Гауссовой модели переноса.

На данном этапе реализованы задачи подготовки геопространственных данных, расчета климатических показателей и визуализации пространственного распределения величин. Предполагается дальнейшая разработка ПО, основными этапами будут реализация расчета рассеяния и создания графического интерфейса пользователя.

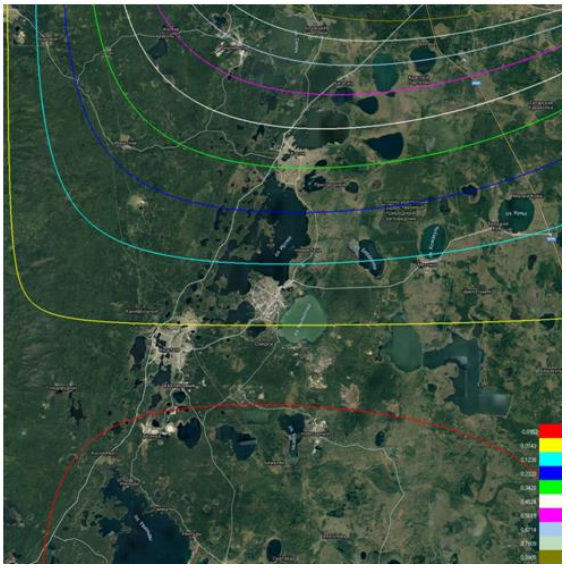


Рис.1. Демонстрация визуализации пространственного распределения некоторой величины методом изолиний.

1. Методика разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов РВ в атмосферный воздух : [утв. приказом Ростехнадзора от 07.11.2012 № 639 : зарег. в Минюсте РФ 18.01. 2013 № 26595 : вступил в силу 12.04.2013; с

изменен от 28.06.20107 : офиц. текст : по состоянию на 01.06.2019 / М-во юстиции России, 2019
2. Об охране окружающей среды : федер. закон № 7-ФЗ : [принят Гос. Думой 20.12.2001 : одобрен Советом Федерации 26.12.2001 : утв. Указом Президента РФ от 10.02.2002 № 7-ФЗ] : офиц. текст : по состоянию на 01.06.2019 / М-во юстиции России, 2019.
3. О нормативах допустимых выбросов РВ и нормативах допустимых сбросов РВ, а также о выдаче разрешений на выбросы РВ, разрешений на сбросы РВ : Постановление Правительства РФ от 26.06.2018 № 731: офиц. текст : по состоянию на 01.06.2019 / М-во юстиции России, 2019
4. Методика разработки нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух (ДВ-2010) в 2 томах. М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2010. Т. 2: Технические приложения, рекомендации для расчётов. 216 с.

ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ДОЗИМЕТРИЯ НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ РЕАКТОРЕ

Пышкина М.Д.

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: maria1pyshkina@gmail.com

PERSONAL DOSIMETRY OF NEUTRON RADIATION AT RESEARCH NUCLEAR REACTOR

Pyshkina M.D.

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The energy and angular distribution of neutron flux density has been invastigated in order to obtain the 'true' value of personal dose equivalent. The comparison of personal and ambient dose equivalents to 'true' value.

Принципы ALARA (As Low As Reasonably Achievable), сформулированные в 1954 году Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ) с целью снижения вредного воздействия ионизирующего излучения, широко используются на объектах использования атомной энергии (ОИАЭ). Эти принципы требуют поддержания минимально возможного и достижимого уровня как индивидуальных (ниже пределов, установленных применимыми стандартами), так и коллективных доз облучения с учетом социальных и экономических факторов. В ходе выполнения работ персонал объектов использования атомной энергии подвергается как внешнему, так и внутреннему воздействию ионизирующего излучения. В отличие от дозиметрии фотонного излучения, в дозиметрии нейтронного излучения до сих пор множество сложных и нерешенных полностью задач.

Энергетические спектры реальных нейтронных полей в различных частях ядерно-физических установок и в помещениях за биологической защитой, а также спектры нейтронного излучения свежего и/или отработавшего ядерного топлива и радиоизотопных источников очень разнообразны по форме и располагаются в широком энергетическом диапазоне от сотых долей эВ (тепловые нейтроны) до единиц и десятков МэВ (быстрые нейтроны), то есть охватывают не менее 9 порядков по энергии. Широкий диапазон энергий нейтронов в большинстве случаев приводит к неправильной оценке индивидуальной дозы персонала, поскольку энергетическая зависимость чувствительности отдельных индивидуальных дозиметров отличается от удельного индивидуального эквивалента дозы. Существует три подхода к решению этой проблемы. Первый - разработать калибровочные (опорные) поля, которые характерны для спектров, встречающихся на рабочих местах персонала объектов использования атомной энергии. Может оказаться, что конкретный «реалистичный» калибровочный спектр будет необходим для каждого рабочего места персонала. Второй подход включает в себя применение поправочного коэффициента к показаниям дозиметра, который рассчитывается с использованием известной функции отклика дозиметра и энергетического спектра рабочего поля. Однако в этом случае дозиметры будут пригодны только для ограниченного числа рабочих мест. Третий подход заключается в разработке такого дозиметра, ЭЗЧ которого соответствует удельной эффективной дозе.

Наиболее точные и простые оценки эффективной дозы при воздействии нейтронного излучения на персонал могут быть получены с использованием информации о энергетическом распределении нейтронов на рабочем месте персонала. Измерение спектра нейтронного излучения различных источников является сложной и не полностью решенной во всем мире проблемой.

В работе представлены результаты экспериментальных работ по определению условно истинного значения индивидуального и амбиентного эквивалентов доз.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90096.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫГОРАНИЯ NpN И PuO_2 ТОПЛИВНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНЦЕПЦИЯХ ИМПУЛЬСНОГО РЕАКТОРА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ИБР-3 И ИБР-4

Ротман Д.Н.[1, 2], Пепелышев Ю.Н.[3], Рогов А.Д.

[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
[3)] Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, Россия
E-mail: wolfdim@mail.ru

MODELING THE BURNUP PROCESS OF NPN AND PUO2 FUEL COMPOSITIONS IN THE ADVANCED CONCEPTS OF A PULSED BATCH REACTOR IBR-3 AND IBR-4

Rotman D.N.[1, 2], Pepelyshev Yu.N.[3], Rogov A.D.

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[3)] Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

The work is devoted to software modeling of the burnup process of NpN fuel composition in the concept of a pulsed batch reactor IBR-3 and PuO2 fuel in the concept of a pulsating reactor IBR-4 based on the parameters of heterogeneous multi-zone cells of the corresponding reactor cores.

Действующий в Лаборатории нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований импульсный реактор ИБР-2М к концу 2030-х годов исчерпает свой ресурс и будет остановлен [1]. На смену данному реактору на сегодняшний день рассматриваются две основные концепции импульсного источника нейтронов, различающиеся рядом технических решений, но базирующиеся на общем принципе реакторной установки с периодической модуляцией реактивности, а именно – реактор на NpN топливе (ИБР-3) и реактор с PuO_2 топливом (ИБР-4) [2]. Исходя из этого на этапе расчетного обоснования данных концепций встает вопрос о детальном исследовании поведения предлагаемых к использованию топливных композиций, в том числе и с точки зрения ядерной безопасности.

Целью настоящей работы является реализация процедуры программного моделирования процесса выгорания NpN и PuO_2 топливных композиций, а также оценка перспективности их использования в рамках реакторной установки импульсного типа, предназначенной для исследований на выведенных нейтронных пучках.

Базовая часть работы выполнена в рамках системы универсальных расчетных кодов, реализующих процедуру численного моделирования физических процессов в активных зонах, с применением метода предварительной гомогенизации и

сведения рассматриваемых систем к сферической геометрии [3]. Получены зависимости изменения масс, ядерных концентраций для базовых нуклидов рассматриваемых топливных композиций, а также эффективного коэффициента размножения и реактивности как функции времени.

В процессе анализа полученных в рамках данного исследования результатов установлено, что с точки зрения критического размера активной зоны импульсного реактора оптимальным является использование PuO_2 топливной смеси, как обеспечивающей наибольшую её компактность и способствующей тем самым более высокой плотности потока нейтронов на поверхности АЗ, а также меньшей материалоемкости по сравнению с NpN топливом. В аспекте стойкости инертного разбавителя в нейтронном поле большой интенсивности также была установлена перспективность PuO_2 топливной композиции, как способствующей меньшему регрессу механических и химических свойств ядерного топлива за счет меньшей скорости выгорания легирующей добавки (O-16). Однако с позиции скорости выгорания делящихся нуклидов, более оптимальным является использование NpN топливной смеси, как обеспечивающей меньшую скорость спада эффективного коэффициента размножения за счет эффекта накопления Pu-238, отчасти компенсирующего потерю Np-237 в процессе выгорания. Вместе с тем, учитывая малый эффект реактивности от выгорания Np-237, NpN топливо способно обеспечить меньшую глубину регулирования и, следовательно, менее материалоемкую и более простую систему компенсации выгорания.

1. В.Д. Ананьев, Ю.Н. Пепелышев, А.Д. Рогов, Вопросы атомной науки и техники: физика ядерных реакторов 3, 11-12 (2018).
2. Ю.Н. Пепелышев, А.В. Виноградов, А.Д. Рогов, С.Ф. Сидоркин, Препринт ОИЯИ Р13-2020-14, 3-4 (2020).
3. Г.И. Марчук, Методы расчета ядерных реакторов, Атомиздат (1961).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ

Шаматов Р.Р.[1], Воронина А.В.

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: shamatov.r@yandex.ru

TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE MANAGEMENT OF RADIOACTIVE WASTE IN THE DEPENDING ON THEIR POTENTIAL DANGER

Shamatov R.R.[1], Voronina A.V.

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The technology of the management of radioactive waste is determined by the aggregate state, specific activity, amount of waste, as well as the technical and financial capabilities of the enterprise. The choice of option depends on the radiation characteristics of the waste and is an economic task.

В процессе эксплуатации объектов использования атомной энергии возникает проблема обращения с образующимися радиоактивными отходами (далее по тексту – РАО). Закон ФЗ-190 от 11 июля 2011 регулирует отношения в области обращения с РАО [1]. В законе установлены 2 категории РАО: особые и удаляемые, критерии отнесения к которым сформулированы в Постановлении правительства РФ № 1069 от 19.10.2012 [2]. Требования по обеспечению радиационной безопасности персонала и населения на всех этапах обращения с РАО устанавливают санитарные правила ОСПОРБ-99/2010 [3].

Технология обращения с РАО определяется агрегатным состоянием, удельной активностью, радиационными характеристиками, количеством отходов, а также техническими и финансовыми возможностями предприятия. В связи с увеличением количества выводимых из эксплуатации объектов использования атомной энергии, ожидается образование большого количества отходов разного уровня активности. Учет и контроль движения отходов необходимо проводить на всех стадиях обращения до этапа захоронения. Выбор варианта обращения с РАО на основе характеристик отходов и экономической составляющей является важной и актуальной задачей.

В настоящей работе предложены технологические подходы к обращению с РАО в зависимости от их характеристик и потенциальной опасности. Разработанный алгоритм выбора технологии обращения с РАО реализован во ФГУП «Федеральный экологический оператор».

1. Федеральный закон. Российская Федерация. Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: принят Гос. Думой 29 июня 2011 г.: одобр. Советом Федерации 6 июля 2011 г. – № 190-ФЗ от 11.07.11.

РАДИАЦИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Шаповаленко Г.Д.[1], Екидин А.А.[1, 2], Кружалов А.В.[1], Ситников А.Е.

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Международное агентство по атомной энергии, г. Вена, Австрия
E-mail: g.d.shapovalenko@urfu.ru

RADIATION IMPACT OF RESEARCH NUCLEAR REACTORS IN NORMAL OPERATION

Shapovalenko G.D.[1], Ekidin A.A.[1, 2], Kruzhalov A.V.[1], Sitnikov A.E.

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Industrial Ecology UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[3)] International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria

Research reactors as well as energy reactors release into environment radiological, chemical, thermal and other stressors. Environmental impact also includes water intake because this factor can be important for biota. All these factors should be studied qualitatively and quantitatively.

Стратегия развития многих стран в мире включает вопросы применения радиационных, ядерных технологий в различных областях деятельности. Ключевая роль в развитии и совершенствовании ядерных технологий принадлежит исследовательским ядерным реакторам различного назначения.

МАГАТЭ отмечает рост планов строительства новых исследовательских реакторов. По состоянию на январь 2021 года в стадии плана и строительства находится 28 реакторов – в сравнении с 19 реакторами на октябрь 2017 г. [1].

Каждая страна вправе выбирать направление исследований, назначение и тип реакторной установки. Универсальным правилом/требованием для всех является минимизация радиационного воздействия исследовательского реактора на персонал, население и окружающую среду.

Согласно базовому принципу методологии INPRO (МАГАТЭ), вновь проектируемая установка не должна оказывать негативное воздействие больше, чем

существующий аналог [2]. Отсюда следует первое основное требование к владельцу установки: при нормальной эксплуатации суммарное поступление активности в окружающую среду должно быть меньше существующих аналогов.

В то время как радиационное воздействие энергетических реакторов на население и окружающую среду рассматривается достаточно пристально, исследовательские реакторные установки в этом отношении остаются практически неизученными [3, 4]. Между тем, разнообразие используемых видов топлива, включая экспериментальные, может показать отличающийся радионуклидный состав газо-аэрозольных выбросов и жидких сбросов.

Таким образом, актуальность планируемой исследовательской работы обусловлена необходимостью лучше понимать качественные и количественные эффекты радиационного воздействия исследовательских ядерных реакторов на фоне роста их использования.

Целью планируемой работы является выполнение анализа существующих практик эксплуатации исследовательских реакторов с целью поиска наилучших доступных технологий. Из-за огромного разнообразия типов реакторных установок, задач и регламентов эксплуатации, такой анализ может быть выполнен на основе комплексного систематического подхода.

В ходе работы предполагается выполнить количественную оценку полного радионуклидного состава газо-аэрозольных выбросов и жидких сбросов при нормальной эксплуатации исследовательских реакторов. А также, провести расчёт удельного показателя выброса/сброса на единицу получаемой пользы и провести ранжирование различных типов реакторных установок по величине полученного удельного показателя.

На данный момент осуществляется систематизация существующего парка исследовательских реакторных установок с установлением как можно более полных данных по использовавшимся и используемым видам топливам, а также проводившимся модификациям установок.

Авторы выражают благодарность Международному агентству по атомной энергии за содействие в сборе установочных данных.

1. International Atomic Energy Agency’s Research Reactor Database: https://nucleus.iaea.org/RRDB/RR/ReactorSearch.aspx
2. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INPRO Methodology for Sustainability Assessment of Nuclear Energy Systems: Environmental Impact of Stressors, Nuclear Energy Series No. NG-T-3.15, IAEA, Vienna (2016).
3. Vasyanovich M., Vasilyev A., Ekidin A., Kapustin I., Kryshev A. Special monitoring results for determination of radionuclide composition of Russian NPP atmospheric releases. Nuclear Engineering and Technology. 2019. Т. 51. № 4. С. 1176-1179.
4. Ekidin A.A., Vasyanovich M.E., Markov D.V., Bil’danov R.G., Filatov Y.N., Kapustin I.A. Determination of the physicochemical forms of iodine isotopes in the IVV-2M reactor ventilation system. Atomic Energy. 2017. Т. 121. № 4. С. 308-311.

RADON CONCENTRATION AND RADON EXHALATION RATE FOR GRANITE ROCKS, CENTRAL EASTERN DESERT, EGYPT

Zakaly H.M.H.[1], Sidique E.[4], Salaheldin G.[3], El-Haddad M.[5], Awad H.A.M.[2], El-Taher A.

[1)] Physics Department, Faculty of Science, Al-Azhar University, Assuit Branch, Egypt.
[2)] Geology Department, Faculty of Science, Al-Azhar University, Assuit Branch, Egypt
[3)] Physics Department, Faculty of Science, Assiut University, Egypt
[4)] Physics Department, Faculty of Science, New Valley University, El-Kharga, Egypt
[5)] Geology Department, Faculty of Science, Assiut University, Egypt
E-mail: profmamin9@gmail.com

The aim of the present work deals with measuring 222Rn Concentration (Bq/m3), 222Rn exhalation rate, annual effective dose (indoors and outdoors) and excess lifetime cancer risk (RRLC %), for basement rock samples from central Eastern Desert of Egypt using Alpha GUARD.

The aim of the present work deals with measuring ^{222}Rn Concentration (Bq/m^3), ^{222}Rn exhalation rate, annual effective dose (indoors and outdoors) and excess lifetime cancer risk (RRLC %), for basement rock samples from central Eastern Desert of Egypt using Alpha GUARD. The radon concentration changed from 33209±6989 to 251398±25759 Bq/m^3 with a mean 86748±12473 Bq/m^3. Radon mass exhalation rates differed from a minimum of (14.02±2.75)×10^{-5} Bq×kg^{-1}×s^{-1} to a maximum of (106.15±10.15)×10^{-5} Bq×kg^{-1}×s^{-1} and Surface exhalation rates varied from a minimum value of (8.59±1.69)×10-3 Bq×m^{-2}×s^{-1} to a maximum value of (65.00±6.22)×10^{-3} Bq×m^{-2}×s^{-1} with an average (36.63±4.92)×10^{-5} Bq×kg^{-1}×s^{-1} and (22.43±3.01)×10^{-3} Bq×m^{-2}×s^{-1}, respectively. The annual effective dose indoors was found to fluctuate between 8369 to 63352 mSv×y^{-1} (mean value 21860 mSv×y^{-1}). The average value of radon concentration in all samples was higher than the national reference level of 300 Bq/m^3 recommended in ICRP Publication 126 corresponds to an annual effective dose of 4 mSv at work and 14 mSv at home.

1. A. El-Taher and H. M. H. Zakaly, in AIP Conf. Proc. (American Institute of Physics Inc., 2020), p. 020006.
2. A. Abbasi, H. M. H. Zakaly, and F. Mirekhtiary, Mar. Pollut. Bull. 161, 111793 (2020).

ПОЛЯРИЗАЦИЯ ТВЕРДЫХ И ЖИДКИХ КАТОДОВ В УРАНСОДЕРЖИЩИХ ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВАХ

Солдатова М.Н.[1], Волкович В.А.

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: nikolay.soldatov.87@mail.ru

POLARIZATION OF SOLID AND LIQUID CATHODES IN URANIUM-CONTAINING CHLORIDE MELTS

Soldatova M.N.[1], Volkovich V.A.

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Electrochemical behavior of uranium on solid and liquid cathodes in LiCl–KCl–UCl3 melts was studied at 500–650oC. Tungsten, gallium, zinc, and alloys of gallium with indium, tin, zinc were used as the cathode materials.

Пирохимические процессы в среде расплавленных солей могут быть использованы для наработки свежего и переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Электрохимическое выделение и электрохимическое разделение урана и продуктов деления, является одной из основных стадий пироэлектрохимической переработки ОЯТ. Одной из основных рабочих сред для пирохимической переработки ОЯТ являются расплавленные эвтектические смеси хлоридов лития и калия. Целью настоящей работы являлось исследование электрохимического поведения ионов урана (III) в расплавах на основе эвтектической смеси хлоридов лития и калия. В качестве метода исследования использовали катодную поляризацию. Эксперименты проводили при температурах от 500 до 650°С. Для работы использовали трёхэлектродные электрохимические ячейки. Рабочими электродами (РЭ) служили вольфрамовый стержень (твёрдый катод), галлий, цинк и эвтектические сплавы галлий-олово, галлий-цинк, галлий-индий (жидкие катоды).

При электролизе хлоридных расплавов, содержащих ионы урана (III) на катоде выделяется металлический уран, а на аноде хлор. Таким образом, границы электрохимического окна растворителя определяются этими двумя процессами. Примеры поляризационных кривых, зарегистрированных в расплавах 3LiCl–2KCl, содержащих растворённый трихлорид урана, на твердом и жидких катодах представлены на рисунке.

На твердом вольфрамовом катоде при потенциале –1.45 В (относительно хлорного электрода сравнения) присутствующие в небольшом количестве ионы U(IV) восстанавливаются до U(III), а при потенциале –2.5 В происходит разряд ионов U(III) до металлического урана. На жидком галлий-оловянном катоде при потенциале –1.5 В присутствующий U(IV) переходит в U(III), а при потенциале –2.6 В происходит выделение металлического урана. Таким образом, потенциалы выделения урана на вольфраме и сплаве Ga–Sn незначительно отличаются друг

от друга. На жидком катоде из эвтектического сплава Ga–In первая волна восстановления наблюдается при потенциале около –1.8 В и далее около –3.2 В происходит восстановление ионов щелочного металла.

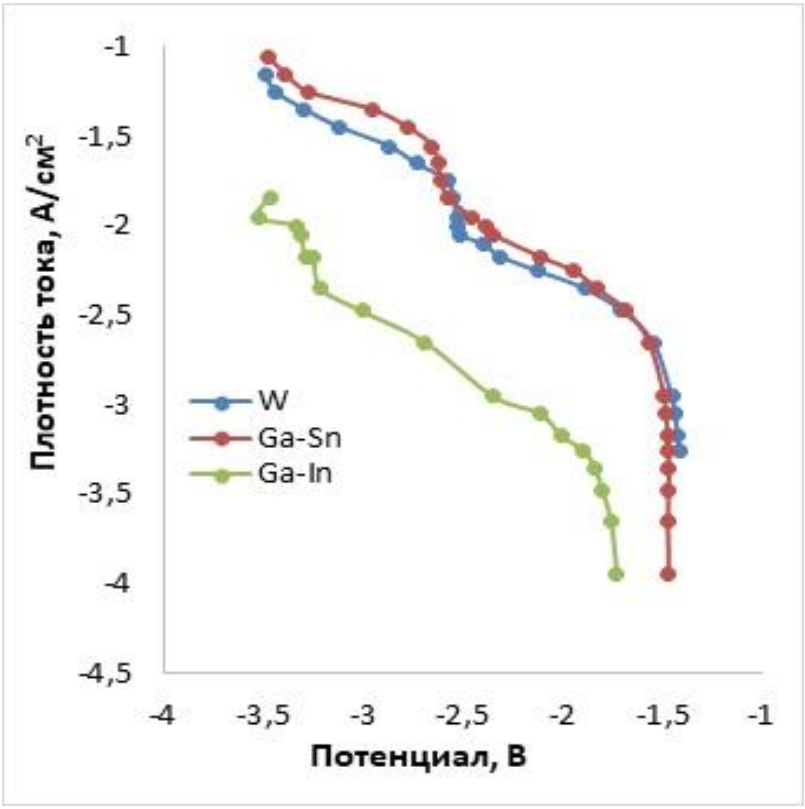


Рис. 1. Катодная поляризация жидкого эвтектического сплава галлий–олово, эвтектического сплава галлий–индий, твердого вольфрама в расплаве LiCl–KCl–UCl3 (потенциалы относительно Cl2/2Cl–)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТВЕРЖДЕНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Сурганов О.А.

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: oleg30400@mail.ru

MODERN TECHNOLOGIES FOR SOLIDIFICATION OF LIQUID RADIOACTIVE WASTE

Surganov O.A.

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The using of sources of ionizing radiation in different areas of industry often leads to the formation of liquid radioactive waste, which must be converted into a solid phase. The article shows the advantages and disadvantages of the most used technologies for this.

Федеральное законодательство предписывает организовывать любые процедуры по обращению с жидкими радиоактивными отходами (ЖРО) таким образом, чтобы обеспечивался их перевод в отвержденную форму. ЖРО образуются при эксплуатации источников ионизирующего излучения в энергетике, медицине, при ликвидации радиационных аварий, при проведении научно-исследовательских работ и из-за этого характеризуются различными значениями активности, обширными радионуклидным и химическим составами, что приводит к затруднениям при подборе матрицы для перевода ЖРО в твердую фазу. На законодательном уровне закреплено большое количество требований к технологиям отверждения ЖРО, среди которых безопасность, радиационная стойкость конечной матрицы, её термодинамическая стабильность, высокий коэффициент уменьшения объема [1].

Существует несколько широко используемых технологий отверждения ЖРО. Наиболее часто применяются матрицы на основе цемента. На сегодняшний день комплексы переработки ЖРО с использованием метода цементирования сооружаются на площадках большинства российских атомных энергоблоков. Основными преимуществами данной технологии являются её сравнительно невысокая стоимость и простота применения. Однако при её применении объемы отходов зачастую увеличиваются на 50-70%, а явление радиолиза воды в узлах кристаллической решетки цементного компаунда приводит к разрушению матрицы и не позволяет включать в неё отходы категории выше среднеактивных [2].

Стеклообразная матрица ввиду своей высокой радиационной стойкости может применяться для переработки высокоактивных ЖРО. Наибольшее применение имеют боросиликатные и алюмофосфатные стекла. В отличие от цементирования и битумирования остекловывание позволяет сократить объем отходов на 4-6 порядков и обеспечить повышенную гидролитическую устойчивость. Однако

термодинамическая нестабильность стеклообразной матрицы ограничивает область использования данной технологии [3,4].

В настоящее время интенсивно расширяется круг материалов для создания керамических матриц, которые по прочности не уступают бетону, а по радиационной и химической устойчивости значительно его превосходят. Высокая термодинамическая стабильность является преимуществом данных матриц перед стеклообразными. Разработаны керамические матрицы для отверждения ЖРО на основе силикатов, титанатов, фосфатов и других фаз, однако для их создания зачастую необходимо применение очень высоких значений температур и давлений, что существенно увеличивает стоимость применения данных технологий [5].

Таким образом, можно заключить, что на данный момент процесс перевода ЖРО в твердую матрицу, соответствующую всем требованиям федерального законодательства, на промышленном уровне практически неосуществим. Наиболее перспективными выглядят технологии отверждения ЖРО с использование керамических основ. Их развитие может привести к появлению доступной и безопасной технологии, позволяющей существенно сокращать объемы радиоактивных отходов.

1. Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Текст]: федер. закон от 11 июля 2011 г. No 190-ФЗ // Рос. газета. – 2011. – 15 июля. – С. 8.
2. Дмитриев, С.А. Обращение с радиоактивными отходами: учеб. пособие для студен-тов [Текст] / С.А. Дмитриев, С.В. Стефановский. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2000, 125 с.
3. Условия безопасной изоляции жидких отходов низкого и среднего уровня активности / Н. П. Лаверов и др. // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2009. No 3. С. 195–213.
4. Малинина Г. А. Строение и гидролитическая устойчивость самарий, гафний и урансодержащих стеклокристаллических материалов для иммобилизации твердых радиоактивных отходов: дис. ... канд. хим. наук. М., 2016. 117 с.
5. Борисов Г. Б., Борисова З. С., Волчок Ю. Ю. Синтез и исследование свойств ультрапористой кварцевой керамики как матрицы для иммобилизации фракции РЗЭ + ТУЭ и Zr из жидких радиоактивных отходов // Вопросы радиационной безопасности. 2005. No 4. С. 3–11.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСОВ ДИСТАНЦИОННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Терентьев Д.А.[1], Екидин А.А.[1, 2], Десятов Д.Д.

[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: terentevdaniel@gmail.com

CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF REMOTE DETECTION SYSTEMS FOR IONIZING RADIATION SOURCES

Terentjev D.A.[1], Ekidin A.A.[1, 2], Desyatov D.D.

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Industrial Ecology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The main directions of development of devices for remote detection of radioactive substances in the atmosphere, measurement of parameters of regular and/or emergency gas-aerosol emissions on varioussurfaces, which allow solving a number of unique tasks of environmental monitoring, are considered.

Потеря профессионального контроля над ними (аварийные ситуации, утеря источника ИИ при перевозках, хищения) или злонамеренные действия могут привести к созданию серьезной опасности для населения, окружающей среды и экономики. Данная проблема является одной из наиболее острой, решаемая в рамках работ проводимых МАГАТЭ [1, 2].

В настоящее время для целей дистанционного поиска источников ИИ широко применяются прямые методы радиометрические измерений на основе сцинтилляционных счетчиков и различных гамма-спектрометров [3, 4]. Они служат для обеспечения радиационного контроля окружающей среды и показывают интенсивность гамма-излучения. Однако, данные методы имеют серьезные ограничения при поиске других типов ИИ, как альфа, бета и нейтронное излучение. Данные комплексы измерений ИИ практически подошли к пределам своих технических характеристик. А их низкая разрешающая способность по энергии гамма-квантов и недостаточная чувствительность ввиду внешних факторов не позволяют проводить измерения с расстояний более 200 м. Одним из выходом из данной ситуации является применение косвенных методов измерения ИИ, которые позволят значительно улучшить дальность обнаружения источников ИИ, повысить скорость определения радиоактивных материалов и повысить чувствительность к определенным группам радиоактивных материалов. Наиболее перспективными являются методы лазерно-индуцированной флуоресценции (ЛИФ) и лазерно-искровой эмиссионной спектрометрии (ЛИЭС), основанные на воздей-

ствии лазерного импульса на атомную структуру исследуемого объекта с последующей интерпретацией характерных спектров флуоресценции (для ЛИФ возможность обнаружения окислов урана на поверхности при их содержании 10^{-5} г·м^2 с расстояния 1 км) или эмиссионных спектров лазерной плазмы (для ЛИЭС аэрозольный спектрохимический лидар: дальность зондирования до 250 м; пространственное разрешение – 3–6 м; средняя концентрационная чувствительность – 0,1–100 мкг/м^3), соответственно. Применение данных методов значительно повышает дальность обнаружения, а высокая чувствительность к отдельным группам и соединениям радионуклидам позволяет качественно определить состав исследуемых объектов. С другой стороны, новизна и сложность данных методов (использование дорогих лидаров), а также физические ограничения определения веществ (флуоресцирующие соединения; измерение косвенных признаков, а не прямого излучения) не позволяют использовать данные методы в качестве самостоятельных комплексов для обнаружения источников ИИ. Так наиболее перспективен второй путь развития существующих комплексов обнаружения, комбинирование косвенных и прямых методов обнаружения, которые позволят значительно повысить возможности по поиску радиоактивных материалов на больших расстояниях с высокой точностью обнаружения. Обнаружение следов солей урана или газовых соединений UH_6 с помощью метода ЛИФ с больших расстояний позволит значительно сократить районы возможного поиска радиоактивных материалов при аварийных ситуациях.

1. Planning and preparing for emergency response to transport accidents involving radioactive material : safety standards series, ISSN 1020–525X ; no. TS-G1.2 (ST-3) — Vienna : International Atomic Energy Agency (2002)
2. МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Мониторинг окружающей среды и источников для целей радиационной защиты, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № RS-G-1.8, МАГАТЭ, Вена (2016)
3. Мобильные комплексы радиационного контроля. Сборник научных разработок. / Под ред. Профессоров Б. В. Шульгина и А. В. Кружалова. Екатеринбург. УрФУ.
4. Пат. 2010108797/28 Российская Федерация, МПК G01T 1/00, RU 98823 U1. Мобильный комплекс радиационного контроля / Шеин А. С.; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО УрФУ им. первого Президента России Б.Н.Ельцина. - № 2010108797/28; заявл. 2010.03.09; опубл. 2010.10.27.
5. Пат. 2006122745/28 Российская Федерация, МПК G01T 1/20, RU 2 411 543 C2. Детектор гамма- и нейтронного излучения / Нисс Т.А.; заявитель и патентообладатель ДЖЕНЕРАЛ ЭЛЕКТРИК КОМПАНИ. - № 2006122745/28; заявл. 2006.06.26; опубл. 2011.02.10.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВ

Ткаченко А.С.[1], Воронина А.В.

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: anchoustkachenko99@gmail.com

RADIOECOLOGICAL MONITORING OF SOILS

Tkachenko A.S.[1], Voronina A.V.

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Radioecological monitoring of soils in the territory was carried out MO "Lesnoy". It is shown that only natural radionuclides are present in the samples, and the total alpha activity of the samples does not exceed the control level of 1000 Bq/kg.

Радиоэкологический мониторинг почв имеет важное практическое значение, так как почва является не только источником внешнего облучения человека, но и может поставлять радионуклиды в растения. Контроль содержания радионуклидов в почве позволяет снизить дозовые нагрузки на население. В почвах могут присутствовать как природные, так и искусственные радионуклиды. Природная радиоактивность почв обусловлена активностью почвообразующих горных пород, природных радионуклидов, выщелачиваемых грунтовыми водами, а также активностью осаждающихся на поверхности почвы космогенных радионуклидов. Основным фактором, обуславливающим радиоактивность почв среди перечисленных являются материнские породы, участвующие в почвообразовании. За счет разного вымывания и осаждения радионуклидов из пород грунтовыми водами они неравномерно распределяются по глубине почвы. Искусственные радионуклиды, попадая в окружающую среду в результате испытаний ядерного оружия, штатного режима работы и аварий на предприятиях ядерного топливного цикла также могут аккумулироваться в почве.

В работе проведён радиоэкологический мониторинг почв в городе Лесной. Образцы почвы отбирали преимущественно с ровной ненарушенной поверхности, покрытой малой растительностью. Пробы в контрольных точках отбирали пробоотборником по схеме «конверт» в пяти местах. На рис. 1 показана схема расположения мест отбора проб почвы. Отобранные пробы почвы высушивали, усредняли, озоляли в муфельной печи. Измерения проб объемом 0,1 л проводили на сцинтилляционном гамма-бета-спектрометре МКС-АТ1315 и счетного образца массой 0,6 г на полупроводниковом альфа-, бета-радиометре УМФ-2000 согласно методике [1].

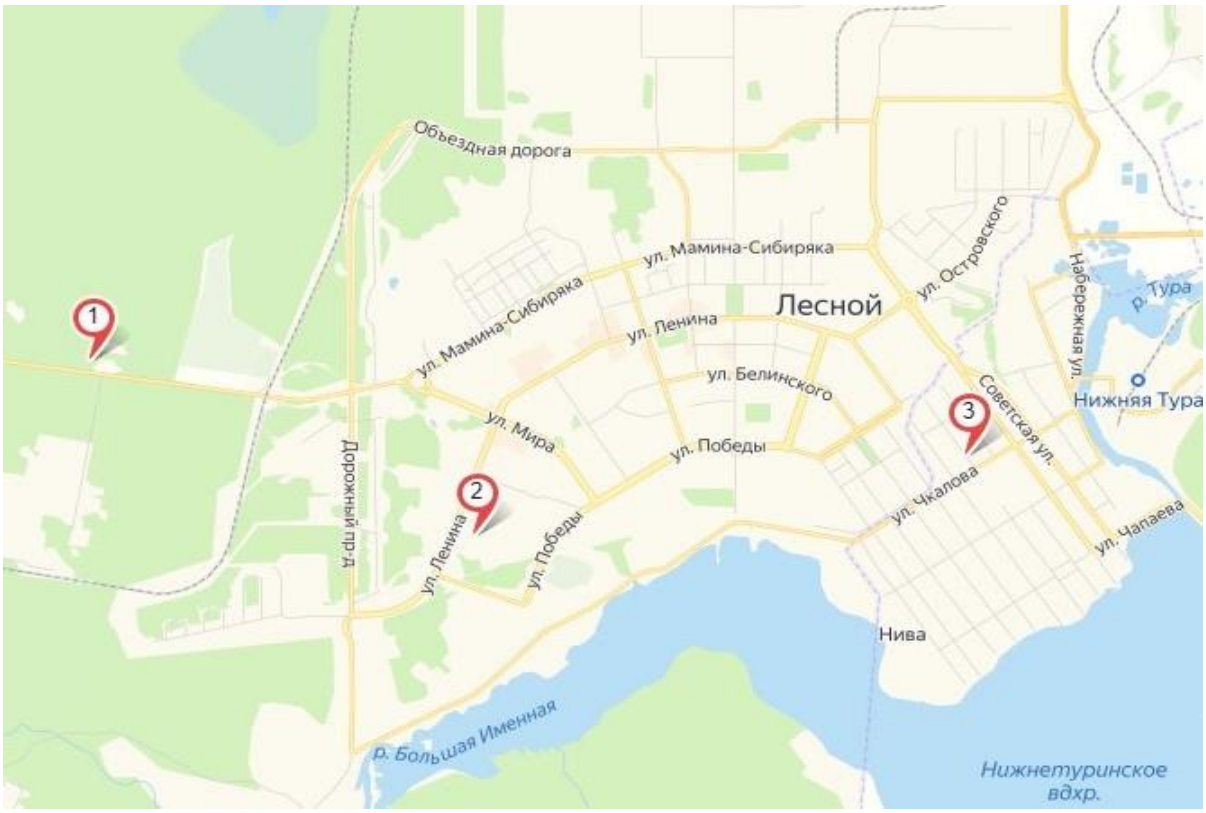


Рис.1. Схема расположения мест отбора проб

Определенная в озолённых пробах почвы суммарная удельная альфа- и бета-активность, гамма-активность составила соответственно, Бк/кг: для пробы №1 – 56±11; 448±89; 212Pb - 75±15 и 40K - 625±125; №2 – 564±113; 714±143; 212Pb - 75±15 и 40K - 625±125; №3 – 283±57; 858±172; 212Pb - 75±15 и 40K - 625±125.

По данным спектральных измерений гамма-активность почвы одинакова во всех точках отбора, имеет естественную природу и обусловлена радионуклидами ^{40}K и ^{212}Pb. Очевидно, что и суммарная бета-активность проб почвы обусловлена ^{40}K и бета-излучающими радионуклидами природного семейства ^{232}Th. В пробах почвы наблюдается достаточно большой разброс значений суммарной альфа-активности, при этом значения не превышают контрольный уровень для суммарной удельной альфа активности почвы 1000 Бк/кг. Вероятно, разница в альфа-активности проб связана с особенностями геохимического поведения альфа-излучающих радионуклидов семейства ^{232}Th.

1. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ УДЕЛЬНОЙ СУММАРНОЙ АЛЬФА- И БЕТА-АКТИВНОСТИ ПРОБ ПОЧВ, ГРУНТОВ, БУРОВЫХ ШЛАМОВ, ГОРНЫХ ПОРОД И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ОСНОВЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЬФА-БЕТА-РАДИОМЕТРА УМФ-2000. Москва: ФГУП «ВИМС». 2013. 16 с.

КОЭФФИЦИЕНТЫ РАВНОВЕСИЯ МЕЖДУ ТЕХНОГЕННЫМИ РАДИОАКТИВНЫМИ ИНЕРТНЫМИ ГАЗАМИ И ИХ ДОЧЕРНИМИ ПРОДУКТАМИ РАСПАДА В АТМОСФЕРЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО Р

Васянович М. Е.[1,]

[1)] Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: info@ax91.ru

EQUILIBRIUM COEFFICIENTS OF TECHNOGENIC RADIOACTIVE NOBLE GASES AND THEIR PROGENY IN ATMOSPHERE OF A RESEARCH NUCLEAR REACTOR

Vasyanovich M. E.[1,]

[1)] Institute of industrial ecology UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The formation process of radioactive aerosol particles during the nuclear reactor operation is considered in the work. Knowledge about radioactive aerosol particles size and the processes of their transformation are important for the radiation monitoring system for personnel at the atomic industry.

Процесс радиоактивного распада инертных газов является уникальным явлением образования единичных атомов металлов и кластеров высокодисперсных аэрозолей. Отношение объемных активностей дочернего и материнского радионуклидов характеризуется коэффициентом равновесия. Эксплуатация исследовательского ядерного реактора может создавать условия для образования техногенных инертных газов (ИРГ) и их дочерних продуктов распада (ДПР). Коэффициент равновесия между техногенными ИРГ и их ДПР на сегодняшний день не изучен.

Объектом исследования является атмосфера реакторного зала водо-водяного исследовательского реактора ИВВ-2М. Во время работы ИВВ-2М многие продукты деления урана-235, включая ИРГ и их ДПР, переносятся в реакторный зал.

Исследование коэффициентов равновесия проводилось с одновременным измерением объемной активности ИРГ и радиоактивных аэрозолей в атмосфере реакторного зала. ИРГ отбирали с помощью специального сосуда Маринелли под давлением. После этого объемная активность ИРГ в сосуде Маринелли измерялась с помощью полупроводникового коаксиального спектрометра с детектором из особо чистого германия. Радиоактивные аэрозоли, являющиеся ДПР ИРГ отбирали с помощью четырехступенчатой диффузионной батареи. Это устройство состоит из 20 латунных сетчатых экранов и двух аналитических фильтров АФА-РМП-20 [1]. После экспонирования элементы диффузионной батареи были извлечены и измерены с помощью бета-радиометра. Аналитические фильтры после

бета-радиометрии анализировали с помощью полупроводникового спектрометра из особо чистого германия для получения информации о составе аэрозолей, представляющих атмосферу реакторного зала ИВВ-2М. Параллельно экспонированию диффузионной батареи выполнялся контроль аэрозольного фона в реакторном зале с помощью диффузионного аэрозольного спектрометра.

Атмосфера реакторного зала представлена такими ИРГ, как Ar-41, Kr-85m, Kr-87, Kr-88, Xe-133 и Xe-135. Основными радиоактивными аэрозолями, присутствующими в атмосфере реакторного зала, являются Rb-88 и Cs-138 (ДПР ИРГ Kr-88 и Xe-138)[2]. Надежное определение концентрации Xe-138 было невозможно из-за его короткого периода полураспада. Продукты распада других ИГР являются либо стабильные изотопы, либо радионуклиды с очень длинным периодом полураспада или являющиеся низкоэнергетическими бета-излучателями.

Объемная активность ИРГ изменялась незначительно во время работы диффузионной батареи. Среднее значение объемной активности ИРГ для

Kr-88 составило $(1,3\pm0,2)\cdot10^4$ Бк/м^3. Общая объемная активность радиоактивных аэрозолей, отобранных диффузионной батареей, составила $(1,6\pm0,3)\cdot10^3$ Бк/м^3.

Доля Rb-88 в общей объемной активности радиоактивных аэрозолей в реакторном зале ИВВ-2М составляет около 0,7. Соотношение средних значений объемных активностей Rb-88 и Kr-88 показало коэффициент равновесия - 0,09±0,02.

1. Рогозина М. А., Жуковский М. В., Екидин А. А., Приборы и техника эксперимента. 6, 74-76 (2013).
2. A.A. Ekidin, M.E. Vasyanovich, D.V. Markov, et al., Atomic Energy. 121, 308-311 (2017).

ОБЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ С ЛИТИЙСОДЕРЖАЩИМИ КЕРАМИКАМИ И БЕРИЛЛИЙСОДЕРЖАЩИМИ СПЛАВАМИ В РЕАКТОРЕ ИВВ-2М ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КИНЕТИКИ ВЫХОДА ТРИТИЯ

Васютин Н.А.[1, 2], Аристов Н.М.[1, 2], Литовченко В.Ю.[1, 2], Ташлыков О.Л.

[1)] Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт реакторных материалов, г. Заречный, Россия
E-mail: vasutinwasdek@gmail.com

IRRADIATION OF SAMPLES WITH LITHIUM-CONTAINING CERAMICS AND BERYLLIUM-CONTAINING ALLOYS IN THE IVV-2M REACTOR TO STUDY THE KINETICS OF TRITIUM YIELD

Vasyutin N.A.[1, 2], Aristov N.M.[1, 2], Litovchenko V.Yu.[1, 2], Tashlykov O.L.

1) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Research Institute of Nuclear Materials, Zarechny, Sverdlovsk region, Russia

The results of Li-comprising ceramics and Be alloys samples irradiation experiment possibility estimation for the purposes of post irradiation examinations and study of tritium release kinetics are presented. The post irradiation examinations aimed to study mechanical properties of materials.

Материал бланкета термоядерного реактора должен выделять тритий в достаточном количестве для поддержания термоядерной реакции и эффективно преобразовывать энергию налетающих быстрых нейтронов в тепловую.

На основании данных требований, кандидатные материалы условно можно разделить на две категории: материалы, выделяющие тритий (размножители) и материалы, которые могут интенсифицировать размножения трития (материалы умножители нейтронов).

Для первой категории материалов подходят литийсодержащие керамики. В данном исследовании рассматриваются литийсодержащие керамики , поскольку в экспериментах они используются в виде сферических гранул диаметром около 1 мм [1]. Обогащение материалов по изотопу Li-6 может достигать 95%.

Для второй категории материалов можно использовать сплавы на основе бериллия. В данной работе рассматривался чистый бериллий, а также сплавы на его основе.

Материалы бланкета испытывают значительные радиационные повреждения, обусловленные действием быстрых нейтронов. Менее чем на 10% выгорания Li-6 в керамике, предназначенной для генерации трития, повреждающая доза может достигать 20-25 СНА [2]. При этом при деградации литийсодержащих керамик, происходит значительное снижение их механических свойств. Происходит распухание материала, при этом внутри шариков возникают механические напряжения, способные разрушить материал. Вдобавок, при выделении трития в шариках

образуются поры, которые при облучении увеличиваются и также ухудшают механические свойства [3,4,5].

Эксперимент разделен на две задачи, суть которых сводится к организации облучения материалов для исследования выхода трития, а также для исследования влияния на материал нейтронного облучения в ходе послереакторных испытаний.

В работе проведено обоснование выбора ячеек активной зоны ИЯР ИВВ-2М для проведения испытаний, с учетом различных ограничений, представлены результаты предварительных расчетов.

Выполнена разработка устройств для облучения материалов для послереакторных испытаний с учетом необходимости их размещения внутри полости ТВС, обусловленной рядом факторов.

По результатам нейтронно-физических и тепловых расчетов было подтверждено снижение плотности потока тепловых нейтронов благодаря установке кадмиевых экранов напротив ампул с образцами, обеспечивающее снижение энерговыделения в 2 раза при протекании реакции (n,T) в данных материалах. Это позволит организовать требуемые температурные режимы.

Энерговыделение в бериллиевых образцах по большей части (до 75%) обусловлено гамма разогревом. Таким образом, установка бериллийсодержащих образцов внутри полости ТВС является предпочтительной, поскольку в данной области гамма-разогрев выше, чем в водных боковых ловушках.

Выбор ячеек активной зоны для высокотемпературного и низкотемпературного облучения, на данном этапе расчётов не является окончательным и должен быть уточнен для конкретной компоновки активной зоны и выгорания ТВС на момент проведения испытаний.

1. M. Zmitkoa, P. Vladimirovb, R. Knitterb, M. Kolbb, O. Leysb, J. Heuserb, H.-C. Schneiderb, R. Rollib, V. Chakinb, S. Pupeschib, L. Magielsenc, A. Fedorovc, Y. Poitevina, Development and qualification of functional materials for the European HCPB TBM.
2. M.H.H. Kolb, J.M. Heuser, R. Rolli, H.-C. Schneider, R. Knitter, M. Zmitko, The HICU PIE results of EU ceramic breeder pebbles: General characterization, Journal of Nuclear Materials 531 (2020).
3. S. van Til, A.V. Fedorov, A.J. Magielsen, Study of ceramic pebble beds in Post Irradiation Examination of the Pebble Bed Assemblies irradiation experiment, Fusion Engineering and Design 87 (2012) 885–889.
4. V. Chakina, R. Rollib, A. Moeslanga, P. Vladimirova, P. Kurinskiya, S. van Til, A.J. Magielsenc, M. Zmitko, Characterization of constrained beryllium pebble beds after neutron irradiation at HFR at high temperatures up to helium production of 3000 appm, Fusion Engineering and Design 88 (2013) 2309– 2313.
5. J.B.J. Hegemana, J.G. van der Laan, H. Kawamura, A. M¨oslang, I. Kupriyanov, M. Uchida, K. Hayashi, The HFR Petten high dose irradiation programme of beryllium for blanket application, Fusion Engineering and Design.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ВЫГОРАЮЩЕГО ПОГЛОТИТЕЛЯ В ТВС РЕАКТОРА ВВЭР-1200

Внуков Р.А.[1], Колесов В.В.[1], Котов Я.А.[2], Жаворонкова И.А.

[1)] Обнинский институт атомной энергетики — филиал НИЯУ МИФИ, г. Обнинск, Россия
[2)] Курчатовский комплекс Перспективной Атомной Энергетики НИЦ "Курчатовский институт", г. Москва, Россия
E-mail: levz555@mail.ru

RESEARCH OF THE OPTIMAL PLACEMENT OF A BURNABLE ABSORBER IN FUEL ASSEMBLIES OF A WWER-1200 REACTOR

Vnukov R.A.[1], Kolesov V.V.[1], Kotov Y.A.[2], Zhavoronkova I.A.

[1)] Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, Obninsk, Russia
[2)] NRC «Kurchatov Institute», Moscow, Russia

In this work, the problem was posed of optimal placement of a burnable absorber in fuel assemblies of a WWER-1200 reactor in order to equalize the energy release field. The results of several options for enrichment and total concentration of the burnable absorber in the fuel rods are presented.

Использование выгорающего поглотителя позволяет сократить количество борной кислоты в теплоносителе в начале кампании и тем самым обезопасить работу ядерной энергетической установки [1, 2]. Таким образом, увеличивается запас реактивности, однако поле энерговыделения при этом локально становится более неравномерным. После получения данных выгорания исходной (стандартной) сборки (той, где твэги идентичны друг другу) ставилась задача поиска наиболее оптимального размещения.

В качестве модели взята ТВС модели Z49A2 [3] с расположением твэгов на вершинах гексагональных кольцах №3 и №8, считая от периферии. Расчеты осуществлялись методом Монте-Карло с использованием программного комплекса Serpent 2 [4], позволяющего производить их в непрерывном энергетическом спектре нейтронов [5].

Название определяет, где расположены твэги. Например, в «83» твэги размещены в кольцах №3 и №8, считая от периферии ТВС. Далее «st» или «pr» говорит о стандартной сборке, где суммарное содержание оксида гадолиния в каждом твэге одинаковое либо профилированной сборке, где концентрации в твэгах отличаются пропорционально плотности потока нейтронов. Далее идет обогащение твэлов и твэгов соответственно. В конце указывается содержание оксида гадолиния в твэге. Разделение происходит посредством знака «_». Например, 83_st_tvel_4_tveg_4_8 означает размещение твэгов в 3-ем и 8-ом кольцах от периферии с обогащением твэлов 4%, твэгов – 4%, содержанием Gd2O3 – 8%.

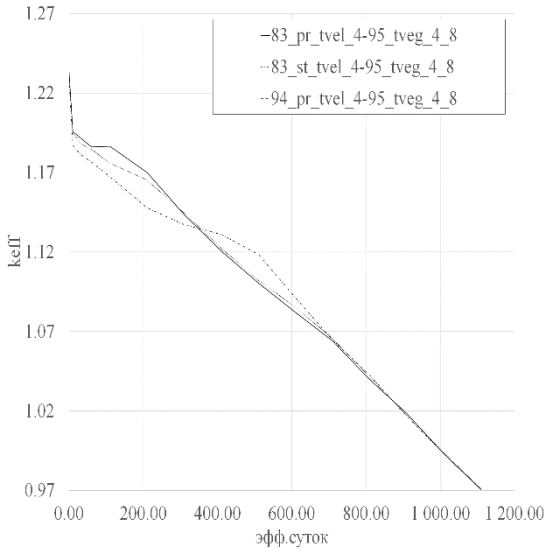


Рис. 1. Изменение эффективного коэффициента размножения для сборки Z49A2 реактора ВВЭР-1200 (В-392М)

В работе представлены результаты нескольких вариантов обогащения твэлов и твэгов, а также суммарной концентрации выгорающего поглотителя в твэгах. На рисунке представлен вариант с содержанием оксида гадолиния 8%, обогащением твэлов 4.95%, твэгов 4%.

Для данной версии следует отметить отсутствие значимого эффекта у профилированных сборок в момент 360 эфф. суток. С другой стороны, в рамках рассмотрения микрокампании с повышением обогащения в твэлах профилированная версия оказывается более эффективным вариантом в сравнении со стандартным размещением выгорающего поглотителя все больший интервал времени: по отношению к обогащению твэлов в 4% профилированная версия остается более эффективной на 51 эфф. сутки. Вторым существенным аспектом является максимальные отклонения keff для профилированной и стандартной сборок. Эти значения находятся в середине микрокампаний 1 и 2. Важно отметить наличие положительной Δk_eff между данными сборками в пользу профилированной. Таким образом, тот же состав с профилированным (при этом однородным в твэгах) размещением выгорающего поглотителя дает более высокие значения коэффициента размножения. Для более полной картины актуально исследовать влияние профилирования по всей активной зоне, где сборки имеют разное время выдержки.

1. Abu Sondos M. A., Demin V. M. and Savander V. I. The effect of burnable absorber (Gd and Eu) on the neutron-physics characteristic of fuel assemblies of VVER-1000 reactor. IOP Conference Series: Journal of Physics: Conference Series. 2019, 1189 012003. DOI: 0.1088/1742-6596/1189/1/012003.
2. Abu Sondos M. A., Demin V. M. and Savander V. I. Decrease the Volume of Boric Regulation of the Reactivity when Using the Burnable Absorber on the Basis of (GD2O3) in the Fuel Reactor WWER-1200. Global Nuclear Safety. 2019 14(2), pp. 56-65. DOI: 10.26583/gns-2019-03-06.

3. Сперанский Ф.А. Монте-Карло модель реактора типа ВВЭР-1200 для вычисления альбедо отражателей [Электронный ресурс]. – URL: https://www.bsuir.by/m/12_120147_1_88217.pdf (дата обращения 10.10.2020).
4. Leppanen J., PSG2/SERPENT – A Continious Energy Monte-Carlo Reactor Physics Burnup Calculation Code, — Helsinki: VTT Technical Research Centre of Finland, 2015.
5. Каражелевская Ю.Е., Колесов В.В., Терехова А.М. Учебное пособие. Использование программного комплекса SERPENT для проведения нейтронно-физического расчета реакторов по курсу «Физический расчет ядерных реакторов». – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2016. – 64 с.

ASSESSMENT OF ALPHA RADIOACTIVITY IN SOME ANIMAL BONES SAMPLES WITH TWO SSNTDS (CR-39 AND CN-85)

Farhan K.N.[1], Hanfi M.Y.[2], Ayad K.Y.[1], Khalaf H.[2], Mostafa Y.A.M.[2]

[1)] Department of Physics, College of Science, Mustansiriyah University, Baghdad, Iraq
[2)] Ural Federal University

E-mail: mokhamed.khanfi@urfu.ru

Solid State nuclear track detectors (SSNTDs) are extensively applied in diverse disciplines of technical charged particle detection implementation

Solid State nuclear track detectors (SSNTDs) are extensively applied in diverse disciplines of technical charged particle detection implementation1,2. Owing to their availability, cost-effectiveness, and simplicity, SSNTDs applications are broadly adopted. A variety of dosimeters with different shapes and using several types of SSNTDs have been sophisticated and are utilized in different countries for integrated measurements of alpha radioactivity especially radon concentrations. In the present trackology work, a comparison of relative alpha detection efficiency of CR-39 and CN-85 track detectors has been conducted. The results depicted that the difference in the measurements between the two detectors was significantly large. The CR-39 detector is more sensitive in the course of recording the track density compared to the CN-85. However, changing the etching parameters such as increasing the time and track diameter was found to improve the CR-39 and CN85 efficiency. The preferable optimum time was observed at 6 h and 40 min for CR-39 and CN-85 detectors, respectively. Also, the mean of track diameter is 5.90 and 4.28 μm for CR-39 and CN-85 detectors, respectively. Finally, the results indicate that the response of the CR-39 detectors, to alpha tracks emitted from the radionuclides which deposited in the animal bones, looks better than CN-85 detectors.

1. Nada Farhan Kadhim, A.A. Ridha, Manar Dheyaa Salim et al., Development of alpha tracks measurement with thermal oven as an etching technique for SSNTDs, Materials Today: Proceedings, https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.232.
2. Nikezic, D., Yu, K.N., 2004. Formation and growth of tracks in nuclear track materials. Mater. Sci. Eng. R Rep. https://doi.org/10.1016/j.mser.2004.07.003.

INTERNAL ORGANS DOSIMETRY OF ^{89}Zr IN MICE UTILIZING BIODISTRIBUTION OF ^{89}Zr-DFO-TRASTUZUMAB, Zr-OXALATE AND Zr-CHLORIDE: PROMISING BIOKINETIC MODEL

Zakaly H.M.H.[1, 2], Mostafa M.Y.A.[1, 3], Dzholumbetov S.[4], Zhukovsky M.[4]

[1)] Institute of Physics and Technology, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Physics Department, Faculty of Science, Al-Azhar University, Assuit Branch, Egypt
[3)] Department of Physics, Faculty of Science, Minia University, El-Minia, Egypt
[4)] Institute of Industrial Ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia

E-mail: h.m.zakaly@gmail.com

The present investigation focuses on the accumulative activity and absorbed dose of 89Zr in mice to present Human Biokinetic model.

The positron-emitting radionuclide ^{89}Zr ($t_{1/2}$ = 3.17 days) was used to prepare ^{89}Zr-radiolabeled trastuzumab for use radiotracer for characterizing HER2/neu-positive breast tumors. Based on the experimental biodistribution of ^{89}Zr-DFO-Trastuzumab, a new Biokinetic model derative for applying to humans. Based on the experimental biodistribution results taken bioimages at different time points and sacrificed. The bones, the epiphysis and the marrow substance, were separated and evaluated with gamma counts. The transfer decay of the drugs from blood to other organs and organs retentions was simulated, and the input file for the WinAct program was created. The fractional activity computed and the accumulated activity converted to human organs by Sparks and Aydogan formula. Finally, IDAC2.1 program is used to estimate the absorbed dose in each human organ using the residence time. The Fractional Activity of the dose injected to mice with ^{89}Zr-oxalate, ^{89}Zr-chloride, ^{89}Zr- and desferrioxamine is presented. A special focus is also given regarding the quality of ^{89}Zr bone accumulation. The main absorbed fraction by tumor followed by Spleen, Liver, Lungs, Heart, Kidneys, Muscle and bone for ^{89}Zr-DFO-trastuzumab. Tumor received at maximum ~0.5 of fraction activity compared to 0.11 as maximum for spleen as the most organ received activity.

1. J. P. Holland, E. Caldas-Lopes, V. Divilov, V. A. Longo, T. Taldone, D. Zatorska, G. Chiosis, and J. S. Lewis, PLoS One 5, (2010).
2. H. M. H. Zakaly, M. Y. A. Mostafa, D. Deryabina, and M. Zhukovsky, Int. J. Radiat. Biol. 96, 779 (2020).

ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРОВ НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА АЭС С ВВЭР

Журина В.Н.[1], Пышкина М.Д.[1], Екидин А.А.

[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: lerazhurina221@gmail.com

MEASUREMENTS OF NEUTRON RADIATION SPECTRA AT NUCLEAR POWER PLANTS WITH PWR

Zhurina V.N.[1], Pyshkina M.D.[1], Ekidin A.A.

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Industrial Ecology UB RAS, Yekaterinburg, Russia

This paper presents data on the reconstruction of neutron spectra. The energy and angular distribution of neutrons have been estimated. Correction factors for individual dosimeters have been calculated.

Одной из главных проблем в современной ядерной физике является дозиметрия нейтронного излучения. Для определения индивидуальных доз персонала при нейтронном облучении используются индивидуальные дозиметры. Показания индивидуальных дозиметров сильно зависят от энергии нейтронного излучения и углового распределения нейронов. На данный момент невозможно создание индивидуального дозиметра одинаково восприимчивого к нейтронам различных энергий. Одним из способов решения проблемы определения индивидуальных эффективных доз персонала является применение поправочных коэффициентов к показаниям индивидуального дозиметра [1, 2].

Основной целью данной работы являлось определение углового и энергетического распределения плотности потока нейтронного излучения на рабочих местах Нововоронежской АЭС. Основная информация для восстановления спектров получена с помощью дозиметра-радиометра МКС-АТ1117М [3]. Для получения информации об угловом распределении плотности потока нейтронного излучения использовался фантом с размещенными на нем индивидуальными дозиметрами [4]. На основе полученных данных было определено энергетическое и угловое распределение нейтронного излучения на рабочих местах, а также рассчитаны поправочные коэффициенты для различных типов индивидуальных дозиметров, используемых на Нововоронежской атомной станции.

1. Никитенко В.О., Пышкина М.Д., Екидин А.А. Индивидуальная дозиметрия нейтронов / Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность - 2018. С. 889-893

2. Пышкина М.Д., Никитенко В.О., Жуковский М.В., Екидин А.А. Неопределенность результатов измерений индивидуальных дозиметров нейтронного излучения на рабочих местах / АНРИ – 2018. С. 15-23
3. Pyshkina Mariia, Vasilyev Aleksey, Ekidin Aleksey, Zhukovsky Michael, Development and testing of a neutron radiation spectrometer in fields of radionuclide sources / AIP Conference Proceedings – 2019.
4. Pyshkina Mariia, Vasilyev Aleksey, Ekidin Aleksey, Nazarov Evgeniy, Nikitenko Vitaly, Pudovkin Anton, Study of neutron energy and directional distribution at the Beloyarsk NPP selected workplaces, Nuclear Engineering and Technology, https://doi.org/10.1016/j.net.2020.10.015.

СЕКЦИЯ 2

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

EFFECT METALORGANIC FRAMEWORK ON THE ELECTROCHEMICAL PERFORMANCE OF $LiCoPO_4$

Aboraia A. M.[1, 2], Shapovalov V. V.[1], Guda A. A[1],
Butova V. V[1], Soldatov A. V[1]

[1)] The Smart Materials Research Institute, Southern Federal University, Sladkova 178/24, Rostov-on-Don, Russia
[2)] Department of Physics, Faculty of Science, Al-Azhar University, Assiut 71542, Egypt
E-mail: a.m.aboraia@gmail.com

We coated the $LiCoPO_4$ by Mteal-organic framework. The $LiCoPO_4$/C@Mil-88 and $LiCoPO_4$/C@UiO-66 were synthesized via the microwave-assisted solvothermal route, and 100, 147 mA h/ g discharge capacity, respectively, was obtained in the first cycle.

$LiCoPO_4$ is an attractive material due to high voltage cathode materials but undergoes low conductivity, thus poor in electrochemical performance. To overcome this issue, we coated the $LiCoPO_4$ by Metal-organic framework. The $LiCoPO_4$/C@Mil-88 and $LiCoPO_4$/C@UiO-66 were synthesized via the microwave-assisted solvothermal route, and 100, 147 mAh / g discharge capacity, respectively, was obtained in the first cycle. The MOF acts as a source of both carbon and metal atoms, which improves conductivity.

A.M. Aboraia and AVS acknowledge RFBR for financial support according to the project No 19-32-90214.

1. RSC Advances, 2020, 10(58), pp. 35206–35213
2. Radiation Physics and Chemistry, 2020, 175, 108065

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДИФФУЗИИ В КАТИОН-ДЕФИЦИТНОМ АНТИФЕРРОМАГНИТНОМ СОЕДИНЕНИИ FE_6TIS_8

Акрамов Д.Ф.[1], Мозговых С.Н.[1], Селезнева Н.В.[1],
Шишкин Д.А.[1, 2], 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

STUDY OF DIFFUSION PROCESSES IN THE CATION-DEFICIENT ANTIFERROMAGNETIC COMPOUND FE_6TIS_8

Akramov D.F.[1], Mozgovykh S.N.[1], Selezneva N.V.[1],
Shishkin D.A.[1, 2], 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, the presence of a reversible magnetic transition was established for the Fe_6TiS_8 compound. In the antiferromagnetic Fe_6TiS_8 compound, diffusion was investigated using magnetic measurements and the activation energy of diffusion of magnetic atoms was determined.

Халькогениды железа состава Fe_7X_8 (X = S, Se) кристаллизируются в слоистой гексагональной структуре типа NiAs. В зависимости от температуры отжига в соединениях Fe_7X_8 могут реализовываться различные сверхструктурные упорядочения, что отражается на физических свойствах. В соединениях Fe_7X_8 внутри каждого катионного слоя магнитные моменты атомов железа направленны параллельно, а между слоями ориентированы антипараллельно. Наличие катионных вакансий приводит к раскомпенсации намагниченностей слоев и тем самым возникновению ферримагнитного состояния в Fe_7X_8 [1]. Ранее нами было показано [2], что в соединении Fe_6TiS_8 устанавливается антиферромагнитное состояние, вызванное полной компенсацией намагниченности между магнитными подрешетками вследствие замещения магнитного атома Fe на немагнитный Ti. При этом происходит упорядочение вакансий, железа и титана. Термическое воздействие должно приводить к разупорядочению атомов в катионном слое и к появлению ферримагнитного состояния в Fe_6TiS_8 за счет диффузии ионов железа и/или вакансий между катионными слоями. В связи с этим, для таких соединений имеется возможность изучать кинетические процессы с помощью измерения и анализа намагниченности. Целью работы являлось определить энергию активации диффузии в антиферромагнитном соединении с помощью магнитных измерений Fe_6TiS_8.

Поликристаллический образец Fe_6TiS_8 был получен методом твердофазного ампульного синтеза с закалкой от T = 950 ºC. Рентгенографическая аттестация осуществлялась на дифрактометре Bruker D8 ADVANCE (Cukα – излучение). Измерения магнитной восприимчивости и намагниченности производились на СКВИД-магнитометре MPMS-XL-5 (Quantum Design, США) в температурном интервале 2 K - 350 K и вибромагнетометре Lake Shore VSM 7407 в интервале от 300 K до 1000 K.

Установлено, что в соединении Fe_6TiS_8 при нагреве до температуры T ~ 230 ºC происходит обратимый магнитный переход из антиферромагнитного состояния в ферримагнитное. При повторном отжиге от T = 950 ºC с последующей закалкой, образец возвращается в исходное антиферромагнитное состояние. Диффузионные процессы исследовались с использование методики описанной в работе [3]. Проведенный анализ измерений временной зависимости относительной намагниченности при различных температурах позволил определить энергию активации диффузии магнитных атомов. Выявлено немонотонное изменение диффузии с ростом температуры и определена энергия активации диффузии в соединении Fe_6TiS_8, которая составила E ≈ 22 кДж/моль.

Работа подготовлена при финансовой поддержке ППК 3.1.1.1.г-20.

1. Kawaminami M., Okazaki A. Neutron Diffraction Study // 1970 Journal of the physical Society of Japan. V. 29. 1970. P. 649-655.
2. Baranov N.V., Ibrahim P.N.G., Selezneva N.V., Kazantsev V.A., Volegov A.S., Shishkin D.A. Crystal structure, phase transitions and magnetic properties of pyrrhotite-typecompoundsFe7-xTixS8 // Physica B: Condensed Matter. V. 449. 2014. P. 229-235.
3. Sato M., Igaki K. Magnetic Transition and Crystal Structure of Fe0.909S // Transactions of the Japan institute of materials. V. 23. 1982. P. 229-233.

ИССЛЕДОВАНИЕ 3D-КИНЕТИКИ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПРИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИИ ПОЛЯРИЗАЦИИ В МОНОКРИСТАЛЛАХ SBN С ПОМОЩЬЮ МИКРОСКОПИИ ГЕНЕРАЦИИ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ

Аникин В. А.[1], Шихова В. А.[1], Небогатиков М. С.[1],
Ивлева Л. И.[2], Шур В. Я.[1]

[1)] Институт Естественных Наук и Математики, Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН, Москва, Россия
E-mail: anikin_30@mail.ru

STUDY OF 3D-KINETICS OF DOMAIN STRUCTURE DURING POLARIZATION REVERSAL IN SBN SINGLE CRYSTALS BY SECOND HARMONIC GENERATION MICROSCOPY

Anikin V. A.[1], Shikhova V. A.[1], Nebogatikov M. S.[1],
Ivleva L. I.[2], Shur V. Y.[1]

[1)] School of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Prokhorov General Physics Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

The 3D domain structure kinetics in SBN single crystals was investigated. Domain imaging in the crystal bulk was realized by Čerenkov-type second harmonic generation microscopy. Three types of domains have been revealed: domain with a broad domain boundary, cylindrical domain and conical domain.

Трехмерная визуализация кинетики доменной структуры проводилась во время переключения поляризации, используя микроскопию генерации второй гармоники по типу Черенкова (МГВГ) [1,2] в монокристаллах релаксорного сегнетоэлектрика ниобата бария-стронция ($Sr_{0.61}Ba_{0.39}Nb_2O_6$), легированного 0,05 мас.% Ni2O3. Исследования проводились при комнатной температуре, при которой образцы находятся в сегнетоэлектрической фазе и обладают исходной наномасштабной лабиринтовой доменной структурой [3], которая может быть укрупнена под воздействием электрического поля.

Метод МГВГ осуществлялся на базе зондовой нанолаборатории NTEGRA Spectra, (НТ-МДТ, Россия) с использованием Yb волоконного импульсного лазера с длиной волны 1064 нм и мощностью до 10 Вт. Латеральное и пространственное разрешение метода составляло около 1 мкм. Данный метод отличается высокой скоростью регистрации изображений посредством двухмерного поточечного сканирования. Высокая скорость визуализации позволяла получать набор сечений доменной структуры со всей глубины образца с шагом 2 мкм и проводить трехмерную реконструкцию доменной структуры в объеме.

Переключение поляризации осуществлялось сериями коротких однополярных импульсов электрического поля, прямоугольной формы. Для характеристики эволюции всех типов доменов использовался анализ набора МГВГ изображений

доменов, полученных на разной глубине и при различной общей длительности приложенного поля (числе импульсов переключения).

Были обнаружены домены трех типов: (1) домен с «широкой доменной границей», представляющей собой ансамбль нанодоменов перед движущейся доменной стенкой; (2) цилиндрический домен с эллиптическим поперечным сечением; (3) конический домен, растущий в полярном направлении.

Для доменов с широкой доменной границей выделено три стадии эволюции формы доменов: (1) формирование и рост только доменной границы, (2) рост сплошного домена микронных размеров и сужение широкой доменной границы, (3) рост сплошного домена с узкой доменной границей.

Были измерены скорости бокового движения доменных стенок и прямого прорастания для всех типов доменов.

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-72-00008). Использовано оборудование УЦКП «Современные нанотехнологии» УрФУ.

1. Y. Sheng, A. Best, H.-J. Butt, W. Krolikowski, A. Arie, K. Koynov, Opt. Express, 18 Iss. 16, 16539-16545 (2010).
2. M. Ayoub, H. Futterlieb, J. Imbrock, and C. Denz, Adv. Mater. 29, 1603325-1-7 (2017).
3. J. Dec, V.V. Shvartsman, and W. Kleemann, Appl. Phys. Lett. 89, 212901-1-3 (2006).

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА EDAC ДЛЯ РАСЧЕТА ФОТОЭЛЕКТРОННОЙ ДИФРАКЦИИ В MATLAB

Архандеев И.А.[1], Огородников И.И.[2], Яшина Л.В.[3], Кузнецов М.В.[2], Кузнецова Т.В.[1, 4]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
[4)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: arkhandeev@imp.uran.ru

IMPLEMENTATION OF THE EDAC ALGORITHM FOR CALCULATING PHOTOELECTRON DIFFRACTION IN MATLAB

Arkhandeev I.A.[1], Ogorodnikov I.I.[2], Yashina L.V.[3], Kuznetsov M.V.[2], Kuznetsova T.V.[1, 4]

[1)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Solid State Chemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[3)] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
[4)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This paper discusses the implementation of the EDAC algorithm in the MATLAB development environment. This allows you to use the features of MatLab, as well as further sharing in the open source format.

Рентгеновская фотоэлектронная дифракция – один из основополагающих методов для исследования локальной атомной структуры поверхности. Свою состоятельность и эффективность он продемонстрировал в совокупности с методом рентгеновской голографии [1], позволяющей выполнять реконструкцию атомного окружения на поверхности: экспериментальная дифракционная картина обрабатывается алгоритмами рентгеновской голографии (SPEA-MEM, L1-регуляризация) [2], позволяя получить расположение атомов на поверхности. Верификация подлинности результатов производится путем теоретического моделирования дифракционных картин. В то же время, анализ дифракционных картин позволяет определить симметрию и определить основные максимумы рассеяния. Превосходным методом, зарекомендовавшим себя в международных исследованиях, является алгоритм для расчета фотоэлектронной дифракции EDAC (Electron Diffraction in Atomic Cluster) [3].

В данной работе представлена модифицированная версия EDAC-алгоритма, реализованная в среде MatLab. Многогранность среды разработки позволяет существенно увеличить функциональность программы. В текущей версии программы были реализованы, например, визуализация полученных результатов в четырех представлениях: стереометрические 2D и 3D, цилиндрические 2D и 3D (рисунок 1). Также реализованы методы обработки экспериментальных данных,

визуализация атомного расположения элементов в кластере, генерация файлов для использования в других программах.

Среди преимуществ MatLab-реализации также можно выделить гибкость разработки: реализованный программный продукт может быть дополнен и изменен другими авторами, поскольку он может быть реализован в формате open source.

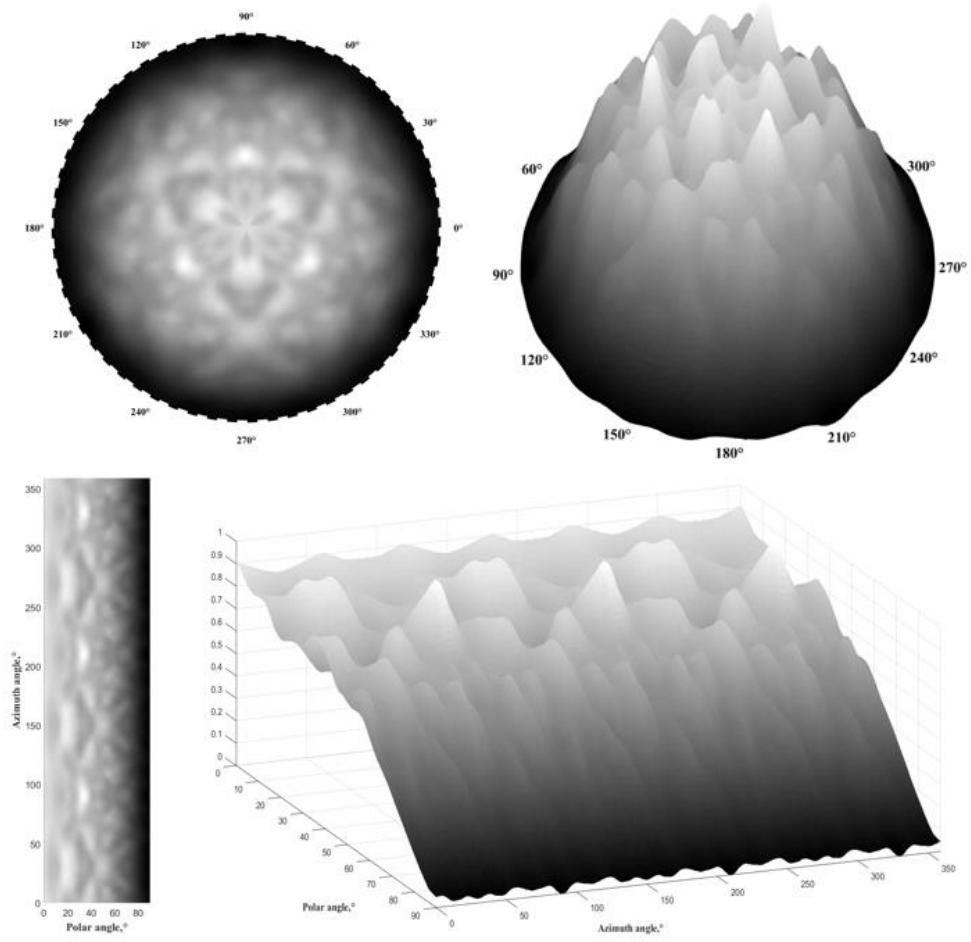


Рис. 1. Визуализация результатов в 3D- и 2D-представлениях

Работа выполнена при поддержке РФФИ № 19-29-12061 и проводилось в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема «Спин» № АААА-А18-118020290104-2). Л.В. Яшина благодарит РНФ за поддержку ее экспериментальной работы, грант 19-42-06303.

1. M. V. Kuznetsov, I. I. Ogorodnikov, D. Yu. Usachov, C. Laubschat, D. V. Vyalikh, F. Matsui, and L. V. Yashina, Photoelectron diffraction and holography studies of 2D materials and interfaces, J. Phys. Soc. Jpn. 87, 061005 (2018).
2. F. Matsui, T. Matsushita, and H. Daimon, J. Phys. Soc. Jpn. 87, 061004 (2018).
3. F. J. García de Abajo, M. A. Van Hove, and C. S. Fadley, Phys. Rev. B. 63, 075404 (2001).

SHAPE ANISOTROPY CONTRIBUTION TO THE MAGNETIC AND MAGNITOCALORIC PROPERTIES OF GD MELT-SPUN RIBBONS

Arkhipov A. V.[1], Neznakhin D. S.[1], Andreev S. V.[1],
Kurlyandskaya G. V.[1], Svalov A. V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

E-mail: hemae2468@gmail.com

Contribution of the shape anisotropy to the magnetic properties of Gd melt-spun ribbons was studied in details. It was found that in the cases of different orientation of the samples with respect to the applied magnetic field the value of the Curie temperature differs at least by 5 K.

Today magnetic cooling is a field of increasing research interest. Despite significant success in the development of new alloys for magnetic refrigerators, gadolinium remains the most effective material operating near the room temperature [1]. Nanocrystalline melt-spun ribbons are very convenient magnetic materials because they have a large surface, which enables the effective heat transportation. Moreover, their mechanical properties are well adjusted to the requirements of flexible devices [2]. Also it is known that magnetic anisotropy is an important factor contributing to the magnetocaloric effect (MCE) and therefore tailoring the effective anisotropy can be a method to increase the refrigerant capacity of the material [3].

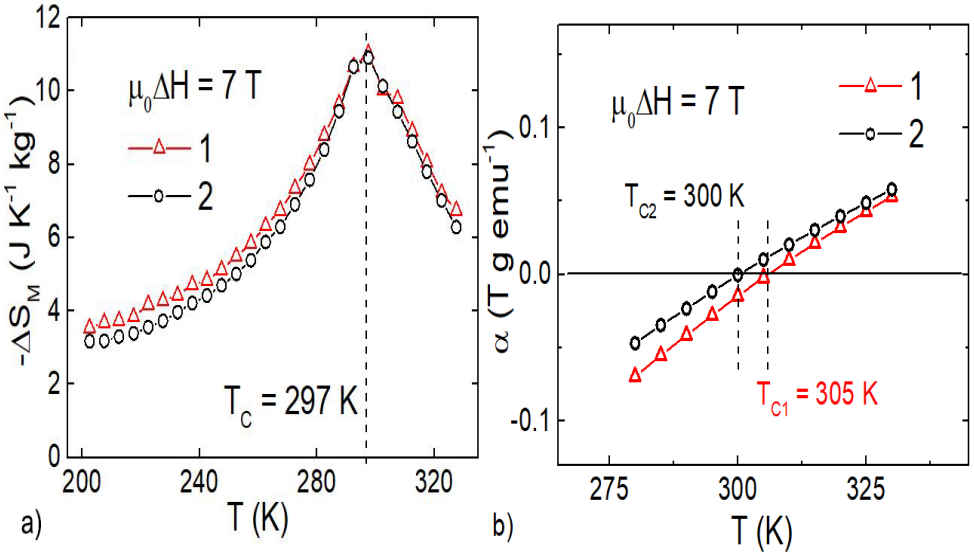


Fig. 1. Temperature dependence of magnetic entropy change (a) and temperature dependence of the thermodynamic coefficient α obtained from ABK method. Curve 1 and 2 correspond the cases of the magnetic field applied either along or perpendicular to the ribbon surface respectively.

In this work, we present a detailed study of the shape anisotropy contribution to the value of the Curie temperature and MCE of Gd ribbons. The magnetic properties of the samples were measured by a SQUID magnetometer. The magnetic entropy change

$\Delta S_M(T, H)$ was quantified using the Maxwell relation follow the standard procedure. The Curie temperature was defined including the ABK (Arrot-Belov-Kouvel) plot method [4-5].

It was found that the temperature corresponding to the maximum value of the magnetic entropy change curve is the same for both cases of orientation of samples with respect to the external applied magnetic field being about 297 K (Fig. 1(a)). However, according to the results obtained by the ABK method, the value of the Curie temperature of the sample in the case of perpendicular orientation of the applied field is about 5 K less than in the case of in-plain field orientation being equal to 300 K and 306 K respectively (Fig. 1(b)). Such difference in values of the Curie temperature suggests that the shape anisotropy must be taken into account when measuring the Curie temperature. At the same time, anisotropy does not noticeably affect the MCE properties of Gd melt spun ribbons.

This study was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project No. FEUZ-2020-0051).

1. S. V. Taskaev, V. D. Buchelnikov, A. P. Pellenen et al., J. Appl. Phys. 113, 17A933 (2013).
2. A. Svalov, S. Andreev, A. Arkhipov, at al., J. Phys.: Conf. Ser. 1389, 012100 (2019).
3. V. Franco, K. R. Pirota, V. M. Prida at al., J. Phys. Rev. B 77, 104434 (2008).
4. A. Arrott, Phys. Rev., 108, 1394 (1957).
5. K. P. Belov, Magnetic transitions, Consultants Bureau, New York (1961).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАЗМЕННОГО ОСАЖДЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДАМИ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

Арсланов К.П.[1], Бунтов Е.А.[1], Зацепин А.Ф.[1], Вагапов А.Ш.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, России

E-mail: arslanov.kirill@mail.ru

MODELING OF PLASMA DEPOSITION OF CARBON COATINGS BY MOLECULAR DYNAMICS

Arslanov K.P.[1], Buntov E.A.[1], Zatsepin. A.F.[1], Vagapov A.Sh.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The process of deposition from a low-temperature carbon plasma on a silicon substrate with stimulation by an ion beam was simulated in the LAMMPS program. The conditions for the formation of carbon structures with sp-hybridization were studied.

Низкоразмерные, в частности одномерные модификации углерода (изолированные цепи атомов, карбин, графин, графидин и др.) привлекают внимание исследователей благодаря уникальным физическим свойствам. Их электронные свойства определяются распределением типов ковалентной связи и видом гибридизации орбиталей атомов углерода. Одним из успешных методов синтеза подобных структур является осаждение из низкотемпературной углеродной плазмы, которое может сопровождаться стимуляцией дополнительным ионным пучком [1]. Однако в настоящее время до сих пор отсутствует полное понимание процессов, происходящих при осаждении, и неизвестны условия для формирования углеродных структур с заданным типом гибридизации и свойствами. В связи с этим в этой работе проводится моделирование осаждения из низкотемпературной углеродной плазмы на кремниевую подложку с целью сформировать углерод с sp-гибридизацией и в частности линейный-цепочечный углерод. Задача решается с помощью пакета LAMMPS для молекулярной динамики, который работает с классическими уравнениями Ньютона, используя для проведения вычислений набор межатомных потенциалов ReaxFF.

Осаждение из низкотемпературной углеродной плазмы происходит на кремневую подложку, которая представляет собой структуру, состоящую из трех слоев. Нижний слой фиксируется для поддержки кристаллической структуры подложки. Средний слой термостатируется для удержания постоянной температуры. Верхний слой остается полностью свободным при моделировании, как и в статье [2]. Процесс осаждения сопровождается бомбардировкой ионов, в частности Ar+ с энергией достаточной для того чтобы разрушить углеродные связи в sp^2 и sp^3 гибридизации, но недостаточной для разрушения связей с sp-гибридизацией.

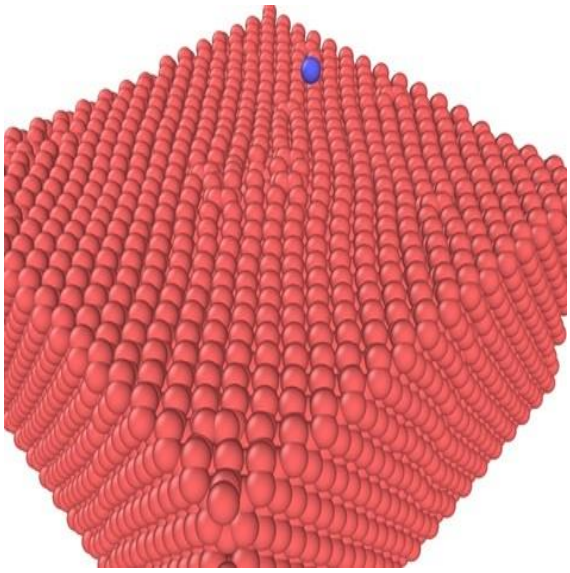


Рис. 1. Пример структуры подложки для осаждения под пучком ионов аргона (фиолетовый)

На получаемую в результате осаждения структуру и её свойства влияет множество условий: энергия и ориентация плазменных и ионных пучков, время между бомбардировкой ионами и т.д. Моделирование позволит изучить процессы, происходящие при осаждении из низкотемпературной углеродной плазмы, выявить эти условия для формирование углеродных структур с sp-гибридизацией, в частности линейного-цепочечного углерода.

1. E.C. Neyts, P. Brault, J. Plasma Process. Polym., 14, Iss. 1-2, 1600145 (2017)
2. X. Li, A. Wang, K.R. Lee, J. Comput. Mater. Sci., 151, 246-254 (2018)

PROBING OPTICAL PROPERTIES OF CORRELATED CARBON DEFECTS IN HEXAGONAL-BN BY QUANTUM EMBEDDING APPROACH

Badrtdinov D.I.[1], Hampel A.[2], Rösner M.[3], Dreyer C.E.[2, 4]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Center for Computational Quantum Physics, Flatiron Institute, New York, USA
[3)] Radboud University, Nijmegen, Netherlands
[4)] Stony Brook University, New York, USA
E-mail: reason2205@yandex.ru

In this work we study the optical properties of carbon dimer in bulk hexagonal boron nitride (BN). The utilization of density functional theory and many-body extended Hubbard models revealed the complex spectra, represented by bonding and anti-bonding states involved in optical transitions.

Point defects and impurities are ubiquitous in all materials, and can have profound effects on their properties, and the properties of electronic devices. Recently, such defects in semiconductors and insulators have emerged as a promising system for realizing quantum technologies [1]. Thus, a quantitative understanding of the electronic excited states of defects that have attractive properties for quantum applications is becoming a crucial task.

The carbon dimer in hexagonal boron nitride (BN) has attracted significant recent attention, as it was proposed as the origin of the 4.1 eV zero-phonon line (ZPL) single-photon emitter observed in BN based on the energetics of emission [2]. To study the optical properties of this system we use the quantum embedding approach, which combines conventional density functional theory (DFT) calculations and extended Hubbard model construction. Replacing a nearest neighbor B and N with a C dimer results in two defect states in the band gap of BN with character of bonding and anti-bonding combinations of p_z orbitals on the two C atoms (Fig. 1). These states were taken as an active subspace to treat the electronic correlations accurately using Wannier functions parametrization. The many-body Coulomb interaction term was screened within constrained random phase approximation (cRPA). Spectra of the constructed Hamiltonian was obtained by exact diagonalization using TRIQS library [3].

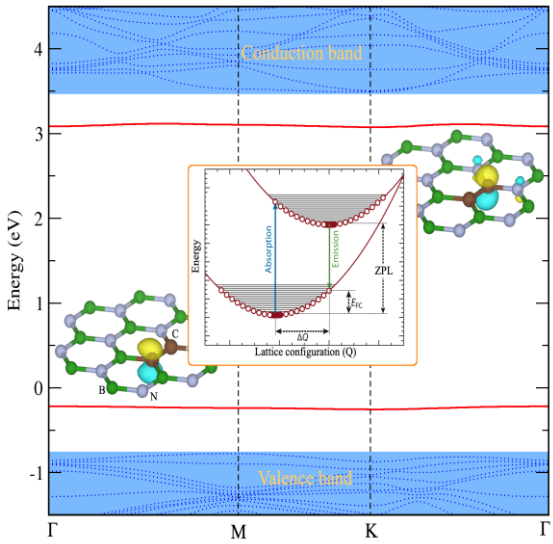


Fig. 1. GGA band structure of carbon dimer in hexagonal BN. Highlighted with red color two defect states were parametrized by Wannier functions and used for construction of extended Hubbard model. Insert demonstrates the schematic configuration coordinate diagram.

The ground singlet is represented by a bonding state with two electrons in the lowest defect level, while the excited singlet corresponds to the superposition of bonding and anti-bonding states. Using their energy difference within the ground and excited state geometry allows to estimate ZPL energy, which, indeed, depends on the exchange-correlation functional of DFT. Within generalized gradient approximation

(GGA) it equals 3.3 eV, while utilization of hybrid HSE functional with 0.4 mixing parameter gives 4.8 eV, which is in reasonable agreement with experiment [2].

The work was supported by the grant of the President of the Russian Federation, Project SP-2488.2021.1. The Flatiron Institute is a division of the Simons Foundation.

1. C. E. Dreyer et al, Annual Review of Materials Research 48, 1 (2018).
2. M. Mackoit-Sinkevičienė et al, Applied Physics Letters 115, 212101 (2019).
3. O. Parcollet et al, Computer Physics Communications 196, 398 (2015).

CAUSTIC OF MAGNETOELASTIC WAVES IN A THICK YIG FILM

Bakharev S. M.[1], Borich M. A.[1], Savchenko S. P.[1]

[1)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

E-mail: bakharevsm@imp.uran.ru

The caustic of magnetoelastic waves (MEW) propagating in a thick $Y_3Fe_5O_{12}$ film is investigated. The frequency range is obtained where the MEW caustic occurs. The caustics directions as a function of the wave frequency are calculated.

The caustic of magnetoelastic waves (MEW) propagating in a thick $Y_3Fe_5O_{12}$ (YIG) film is investigated.

The approach for studying the properties of MEWs is based on the research of surfaces of constant frequency and the calculation of the MEWs amplification factor A through the geometric characteristics of these surfaces [1,2].

This method allows to determine the specific propagation directions along which the wave intensity increases sharply. This phenomenon is called caustic [3].

It can be assumed that YIG crystal is the dielectric ferromagnet with a cubic crystal lattice, and it possesses an isotropic phonon spectrum.

In this study, the MEW with long wavelength are considered, and the theory of magnon-phonon interaction in the framework of macroscopic approximation can be applied therefore [4]. Total energy of the system consists of elastic, magnetic, and magnetoelastic parts. The magnetic part of the energy contains magnetic dipole interaction than can be expressed through the demagnetization factors. They produce significant effect on the properties of magnetoelastic waves in ferromagnetic films if the magnetic field has a typical value for experimental researches (H is about 1 - 10 kOe).

The MEW spectrum consists of four eigenmodes, but one of them (LmT-mode) has the greatest spectrum anisotropy and hence is most interesting for the search for caustics. This mode passes through two points of magnetoelastic resonance. The first of

them relates to the interaction of longitudinal phonons (L) with magnetic mode (m), and the second one relates to the interaction of transverse phonons (T) with m-mode.

It is shown, that if the wave frequency of LmT-mode belongs to the region 72 $< \nu <$ 247 MHz, then the constant frequency surface has two directions of zero Gaussian curvature K.

Since A ~ 1/K [1], then A tends to infinity, the wave intensity increases significantly, and caustic of MEW occurs in these directions.

Two caustic directions differ from each other for the following reasons. In the first direction, the wavevector q and group velocity V become almost perpendicular, while in the second direction, these vectors are almost parallel to each other.

Therefore two caustic directions become close to each other in the space of wave vectors, but are separated from each other in the space of group velocities. Moreover, the value of A in the first caustic direction decreases due to the fact that q and V are almost perpendicular and A is proportional to the cosine of angle subtended by these vectors. Thus, in the MEW spectrum in YIG plate, one should expect the main and additional caustics. The group velocity directions of these caustics are well separated.

The research was carried out within the state assignment of FASO of Russia (theme ``Function'' AAAA-A19-119012990095-0), supported by Basic Research Program of the Presidium of the Russian Academy of Sciences (project No. 13-1.1.3.5).

1. Every A.G. , Phys.Rev.B, 34(4), 2852, (1986)
2. Bakharev S. M., Borich M.A., Savchenko S. P., Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 487, 165294 (2019)
3. Arnold V.I., Catastrophe Theory, Springer, Berlin (1984)
4. Akhiezer A.I., Bar'yakhtar V.G., Peletminskii S.V., Spin waves, North-Holland Pub. Co., Amsterdam (1968)

PROCESSES OF EVOLUTION OF RADIATION DEFECTS IN SOLIDS BY THE USAGE OF CELLULAR AUTOMATA

Baratova A.A.[1]

[1)] L.N. Gumilyov Eurasian National University

E-mail: aa.baratova@yandex.kz

In work the results of computer modeling of radiation defects formation are presented. The usage of cellular automata showed that formation of defects has nonlinear character and depends on initial distribution of particles and order parameter of system.

It is known that the electronic excitations are formed in solids under the action of ionizing radiation, nonradiative decay of which can lead to the formation of Frenkel pairs of defects. The currently existing experimental research methods make it possible to register already structurally formed centers, but do not make it possible to gradually

trace the process of converting the energy of electronic excitation into primary radiation defects and their subsequent spatial separation. In this regard, the most convenient method is computer simulation of this physical process. Modeling of the formation and evolution of radiation defects on the surface and in the bulk of a solid was carried out by the method of a probabilistic cellular automata. The given model fully corresponds to the considered physical process. The given model consists of two blocks: the formation of defects: a Frenkel pair is generated at neighboring sites of the anionic lattice by the Monte Carlo method, then annihilation of defects of opposite signs is observed. The recombination radius corresponds to the minimum interatomic distance of the anion sublattice. The simulation results showed that in the system there is a spatial separation of different types of defects and the formation of aggregates from the same type of defects. The total concentration of accumulated defects increases several times and ceases to depend on the duration of irradiation. At a higher radiation dose rate (higher initial defect density), a higher defect accumulation rate is observed. The observed kinetic curves at the saturation stage have a qui-oscillatory character corresponding to the dynamic processes of growth and destruction of the clusters being formed. The observed defect structure is a random dynamic fractal structure. Multifractal analysis of images of the resulting aggregates, carried out at each calculated point, allows to consider the structure as a multifractal - an inhomogeneous set consisting of several subsets with different fractal dimensionality. As a result of performed numerical experiment it was found that the growth rate of primary lattice defect concentration is determined by the irradiation dose rate. If suppose the defects concentration as a parameter, which characterizes a system state, reaches some critical value at the irradiation process, in this case there would be collective effects in the system that lead to self-organization phenomena and demonstrate formation of one-type defect clusters. Concentration of radiation defects in clusters is higher than their average concentration over a crystal, so the creation of aggregate centers in the range of accumulation of the same type radiation defects is more probably than in the event of homogeneous distribution in a crystal bulk. The fractal theory is used to detect synergetic effects and describe the spatial and temporal transformation of defect structure in a crystal.

1. Tricot C. Curves and Fractal Dimension / C.Tricot. – Springer-Verlag New York, 1995. – 324 p.

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ $TbFe_2MnX$ ($0 \le X \le 0.4$)

Барташевич А. М.[1], Герасимов Е. Г.[1], Терентьев П. Б.[1],
Инишев А. А.[1], Гавико В. С.[1], Мушников Н. В.[1]

[1)] Институт физики металлов УрО РАН, 620108, Екатеринбург, Россия
E-mail: sarumanovich@yandex.ru

MAGNETIC PROPERTIES AND CRYSTAL STRUCTURE OF NONSTOICHIOMETRIC COMPOUNDS $TbFe_2MnX$ ($0 \le X \le 0.4$)

Bartashevich A. M.[1], Gerasimov E. G.[1], Terentev P. B.[1],
Inishev A. A.[1], Gaviko V. S.[1], Mushnikov N. V.[1]

[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, 620108 Russia

In this work, the magnetic properties and crystal structure of the TbFe2Mnx Laves phase were studied. It is shown that magnetic anisotropy constant Keff. decreases with increase of Mn content, while lattice constant increases.

Недавно было показано, что в нестехиометрических сплавах $TbCo_2Mn_x$ с ростом концентрации Mn значительно увеличивается магнитострикция при комнатной температуре, а также увеличивается температура Кюри T_C [1]. Это позволяет рассматривать нестехиометрические соединения в качестве перспективных магнитострикционных материалов.

В данной работе исследованы магнитные свойства и кристаллическая структура нестехиометрических сплавов $TbFe_2Mn_x$ ($0 \le x \le 0.4$), полученных методом индукционной плавки и подвергнутых гомогенизационному отжигу при T = 900 ^oC в течение 7 дней. Проведенный нами рентгеноструктурный анализ и анализ температурных начальной восприимчивости показал, что однофазные сплавы $TbFe_2Mn_x$ с кубической структурой типа $MgCu_2$ образуются при $x \le 0.3$.

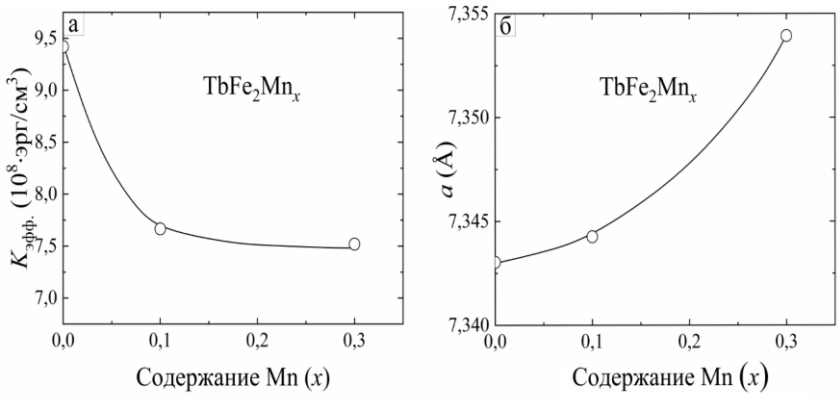


Рис.1. График зависимости константы анизотропии $K_{эфф.}$ от содержания Mn (а); график зависимости параметров решетки от содержания Mn (б).

С ростом содержания Mn константа магнитокристаллической анизотропии $K_{эфф.}$ уменьшается (рис.1а), а параметр решетки а – увеличивается (рис.1б). Константа анизотропии была рассчитана с помощью закона приближения к насыщению [2], а параметр решетки – из рентгенограмм. Был проведен анализ температурных зависимостей начальной магнитной восприимчивости и определены температуры Кюри T_C для каждого состава.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 20-42-660008) и правительства Свердловской области.

1. .G. Gerasimov, A.A. Inishev , P.B. Terentev, V.A. Kazantsev, N.V. Mushnikov, Magnetostriction and thermal expansion of nonstoichiometric TbCo2Mnx compounds, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 523, (2021), 167628
2. H. Zhang, D. Zeng, Z. Liu, The law of approach to saturation in ferromagnets originating from the magnetocrystalline anisotropy, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 322, (2010), 2375–2380

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Басырова С.И.[1], Галиханов М.Ф.[1], Галеева Л.Р.[1], Казаков Я.В.[2], Плахин В.А.[2], Севастьянова Ю.В.[2]

[1)] Казанский национальный исследовательский технологический университет, Россия
[2)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Россия

E-mail: basyrova.sara@mail.ru

INFLUENCE OF MODIFICATION OF PULP AND PAPER MATERIALS ON THEIR MECHANICAL PROPERTIES

Basyrova S.I.[1], Galikhanov M.F.[1], Galeeva L. R.[1], Kazakov Ya.V.[2], Plakhin V.A.[2], Sevastyanova Yu.V.[2]

[1)] Kazan National Research Technological University, Russia
[2)] Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Russia

This paper presents the results of the influence of polymer coating and unipolar corona discharge treatment on the physicochemical properties of craft paper.

Целлюлозно-бумажные материалы (ЦБМ) получают из ежегодно возобновляемых ресурсов, они доступны, имеют сравнительно недорогую стоимость. В зависимости от области их применения, они должны иметь пониженную впитыва-

емость. Для этого перспективным является нанесение покрывных слоев, например, из биоразлагаемых полимеров, проявляющих гидрофобные свойства. В то же время улучшение свойств материла возможно за счет воздействия физических полей различной природы, например, униполярного коронного разряда [1].

В данной работе было исследовано влияние модификации крафтовой бумаги посредством нанесения биоразлагаемого полимерного покрытия (ПКЛ) и коронным разрядом (к.р.) на ее физико-механические свойства [2].

Полученные результаты исследований показали, что при нанесении полимерного покрытия на крафтовую бумагу происходит улучшение механических свойств на 2-14% как в машинном (MD), так и в поперечном направлении (CD). Воздействие коронным разрядом на крафтовую бумагу также приносит свой эффект (табл. 1).

Таким образом, с помощью нанесения полимерного покрытия и коронного разряда можно управлять физико-механическими свойствами бумаги.

1. Муллина Э.Р., Лыгина Е.Г., Ершова О.В. и др. Исследование влияния химического состава целлюлозы на физико-механические свойства бумаги// Современные наукоемкие технологии. – 2015. - №9. – С.56-58.
2. Бессонова В. А. Сложные полиэфиры: полилактид и поликапролактон // Современные научные исследования и инновации. – 2017. – №. 1. – С. 34-36.

ЛОКАЛЬНАЯ МАГНИТНАЯ АНИЗОТРОПИЯ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ СПЛАВА $Fe_{73.5}Nb_3Cu_1Si_{13.5}B_9$

Болячкина Е. А.[1], Катаев В. А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

E-mail: evgenia.mihalitsyna@urfu.ru

LOCAL MAGNETIC ANISOTROPY IN $Fe_{73.5}Nb_3Cu_1Si_{13.5}B_9$ THIN FILMS

Bolyachkina E.[1], Kataev V.[1]

[1)] Ural Federal University

The presence of a stochastic magnetic structure in FeNbCuSiB films is shown using the LAMS and MFM. The size of the stochastic domain and the value of averaged magnetic anisotropy constant are found. It is shown that the magnetization correlations dimension depends on the film thickness.

Метод магнитокорреляционного анализа широко применяется при исследовании аморфных и нанокристаллических лент, позволяя оценить основные параметры их магнитной микроструктуры. Имея представление о магнитной микроструктуре, можно получить сведения о структурном состоянии материала и его

связи с макроскопическими свойствами. Связь структурного состояния и магнитных свойств аморфных и нанокристаллических магнетиков была продемонстрирована с помощью модели случайной анизотропии [1–4]. В рамках данной модели магнитная микроструктура в неупорядоченных магнетиках формируется в результате конкуренции флуктуирующей локальной анизотропии и обменного взаимодействия, в результате происходит образование областей ферромагнитного упорядочения, характеризующихся конечной корреляционной длиной. Для ансамбля таких невзаимодействующих стохастических магнитных доменов справедлив закон приближения намагниченности к насыщению (ЗПНН) в форме, позволяющей извлечь усредненные характеристики областей магнитной и структурной корреляции. В данной работе рассматривается применение метода корреляционной магнитометрии для аморфных и нанокристаллических пленок, на примере пленок сплава $Fe_{73.5}Nb_3Cu_1Si_{13.5}B_9$, в которых также может быть реализовано состояние со случайным распределением осей анизотропии, несмотря на отличный от лент метод и условия получения образцов.

Согласно ЗПНН выше некоторого критического поля HR полевая зависимость намагниченности подчиняется закону Акулова, где $M \sim H^{-2}$, а ниже критического поля $M \sim H^{-n}$, где $n<2$ и зависит от пространственной размерности распределения осей случайной анизотропии. Выше корреляционного поля H^R намагничивание происходит за счет подавления естественной локальной анизотропии, что позволяет, зная величину поля HR, оценить радиус ее корреляций, удвоенное значение которого сопоставимо с размером структурно однородных элементов материала (например, таких как зерно).

Пленки были получены методом высокочастотного ионно-плазменного распыления мишени сплава $Fe_{73.5}Nb_3Cu_1Si_{13.5}B_9$. Осаждение проходило в атмосфере аргона в присутствии внешнего магнитного поля напряженностью 100 Э.

Для анализа структурного состояния и параметров магнитной микроструктуры пленок были получены температурные зависимости намагниченности и кривые приближения намагниченности к насыщению пленок толщиной 20 и 200 нм в состоянии после получения и после отжигов при температурах 350, 400 и 450°С. Полученные зависимости были проанализированы с помощью метода корреляционной магнитометрии [5]. Были определены намагниченность насыщения, параметр обменного взаимодействия, константа локальной магнитной анизотропии и радиус ее корреляций, а также установлена связь между ними. Показано, что магнитомягких пленках FeNbCuSiB формируется стохастическая магнитная структура. С уменьшением толщины пленок радиусы магнитных и структурных корреляций становятся сопоставимы друг с другом, в результате чего наблюдается переход от трех- к двумерным корреляциям намагниченности.

Работа была выполнена в рамках государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации (FEUZ -2020-0051).

1. Y. Imry and S.-K. Ma, Phys. Rev. Lett. 35, Iss. 21, 1399–1401 (1975).

2. E. Callen, Y. J. Liu and J. R Cullen, Phys. Rev. B 16, Iss. 1, 263–270 (1977).
3. G. Herzer, Mater. Sci. Eng. A133, 1–5 (1991).
4. С. В. Комогорцев, В. А. Фельк, Р. С. Исхаков и Г. В. Шадрина, ЖЭТФ 152, вып. 2(8), 379–390 (2017).
5. Р. С. Исхаков, В. А. Игнатченко, С. В. Комогорцев и А. Д. Балаев, Письма в ЖЭТФ 78, вып. 10, 1142–1146 (2003).

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН ЯН-ТЕЛЛЕРОВСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ В КРИСТАЛЛЕ CaF_2:Cr

Бондаревская А.С.[1], Сарычев М.Н.[1], Жевстовских И.В.[1, 2], Уланов В.А.[3, 4], Шакуров Г.С.[4], Егранов А.В.[5, 6], Суриков В.Т.[7], Аверкиев Н.С.[8], Гудков В.В.[9]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
[2)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН
[3)] Казанский государственный энергетический университет
[4)] Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского
[5)] Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения РАН
[6)] Иркутский государственный университет
[7)] Институт химии твердого тела Уральского отделения РАН
[8)] Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН
[9)] Южно-Уральский государственный университет
E-mail: any-bondarevskaya@yandex.ru

LOW-TEMPERATURE ATTENUATION OF ULTRASONIC WAVES BY JAHN-TELLER COMPLEXES IN A CaF_2:Cr CRYSTAL

Bondarevskaya A.S.[1], Sarychev M.N.[1], Zhevstovskikh I.V.[1, 2], Ulanov V.A.[3, 4], Shakurov G.S.[4], Egranov A.V.[5, 6], Surikov V. T.[7], Averkiev N.S.[8], Gudkov V.V.[9]

[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 RAS
[3)] Kazan State Power Engineering University
[4)] Kazan E. K. Zavoisky Physical-Technical Institute
[5)] A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry, SB of the RAS
[6)] Irkutsk State University
[7)] Institute of solid state chemistry of UB RAS
[8)] Ioffe Physico-Technical Institute RAS
[9)] South Ural State University

A new approach to setting up an ultrasonic experiment and data processing in studying the Jahn-Teller effect has been developed. It was found that in CaF_2: Cr^{2+} in tunneling relaxation mechanisms are dominant. The parameters characterizing the relaxation mechanisms are determined.

В кристаллах с примесями переходных металлов орбитальное вырождение энергетических состояний ионов полиатомных систем может быть снято благодаря эффекту Яна-Теллера (ЭЯТ) за счет понижения симметрии с помощью локальных искажений кристаллической решетки [1].

В кристаллах со структурой флюорита 3d ионы замещают катионы Ca^{2+}, создавая кубические ян-теллеровские комплексы с основным трехкратно вырожденным орбитальным состоянием $^5T_2$. На температурных зависимостях поглоще-

ния и скорости ультразвука (или комплексных модулей упругости) ЭЯТ проявляется в виде характерных аномалий, которые ранее были обнаружены в другом кристалле со структурой флюорита, а именно $SrF_2:Cr^{2+}$ и $CaF_2:Ni^{2+}$ [2, 3].

В работе представлены результаты ультразвуковых исследований в кристалле CaF_2, содержащем примесь ионов $Cr^{2}+$ с концентрацией 4.74×10^{19} $см^{-3}$. Продольные и поперечные ультразвуковые волны распространялись вдоль кристаллографического направления [110], измерения были выполнены на частотах 26-158 МГц в интервале температур Т от 4 К до 300 К.

Для выделения ян-теллеровского вклада в модули упругости были выполнены измерения на номинально чистом кристалле CaF_2 и вычтены из данных, полученных на допированном кристалле. При моделировании времени релаксации были учтены три механизма: термическая активация, прямые и двухфононные туннельные переходы.

Рассмотрение этих механизмов было предложено Стурджем в первых работах по ультразвуковым исследованиям ЭЯТ [4]. Сравнение температурных зависимостей экспериментальных кривых и модельных позволило определить параметры, характеризующие времена релаксации ян-теллевских комплексов.

Активационный механизм релаксации определяется энергий активации, определяющей потенциальный барьер V_0 = 125 K, также впервые определены параметры, обусловленные прямым и туннельными переходами и двухфононными B^{-1}=3,1 * 10^{-7} s K, $(Bk^2)^{-1}$ s K3.

1. I. B. Bersuker. The Jahn-Teller effect. Cambridge University Press, (2006)
2. N.S. Averkiev , I.B. Bersuker , V.V. Gudkov et al., J. Phys. Soc. Jpn. 86, 114604, (2017)
3. M.N. Sarychev, W.A.L. Hosseny, A.S. Bondarevskaya, I.V. Zhevstovskikh, A.V. Egranov, O.S. Grunskiy, V.T. Surikov, N.S. Averkiev, V.V. Gudkov, Journal of Alloys and Compounds, 848, 156167, (2020)
4. M. D. Sturge; под общей редакцией F. Seitz, D. Turnbull, H. Ehrenreich, Academic Press, с. 91-211, (1968)

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА БЫСТРОЗАКАЛЕННЫХ МАГНИТОМЯГКИХ СПЛАВОВ ПОСЛЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В АТМОСФЕРЕ АЗОТА

Бородихин А.Ю.[1], Незнахин Д.С.[1], Фещенко А.А.[1], Степанова Е.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: oraxisart@gmail.com

MAGNETIC PROPERTIES OF AS-QUENCHED SOFT MAGNETIC ALLOYS AFTER HEAT TREATMENT IN NITROGEN ATMOSPHERE

Borodikhin A.Y.[1], Neznakhin D.S.[1], Feshchenko A.A.[1], Stepanova E.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This work presents the results of a study of the effect of heat treatment (HT) at 380 °C in a nitrogen atmosphere on the magnetic properties of as-quenched soft magnetic alloys. It is shown that a significant effect of nitrogen was detected on the Fe-B-Si-C alloy samples as a result of HT at 1 hour.

Быстрозакаленные магнитомягкие сплавы благодаря своим свойствам (например, высокому электросопротивлению, низкой коэрцитивной силе и высоким значениям магнитной проницаемости) широко используются для изготовления магнитных экранов, микротрансформаторов и т.п. Для улучшения магнитных свойств этих сплавов часто применяют различные термические обработки (ТО), в том числе и в различных химически активных средах [1-2]: на воздухе, в водороде, сере и т.п. Известно, что отжиг в присутствии азота при высоких температурах и/или больших временах выдержки применяется для изменения физических свойств кристаллических материалов, например, для сталей [3]. Однако, данные режимы ТО не могут применяться для быстрозакаленных магнитомягких сплавов из-за их низкой температуры кристаллизации. В данной работе было проведено исследование магнитных свойств лент быстрозакаленных магнитомягких сплавов $Co_{72}Ni_{12.2}Fe_{5.7}Si_{6.5}B_{3.6}$ (имеет константу магнитострикции λ порядка 0.1 ppm, T_C = 250 °C и $T_{кр}$ = 530 °C) и $Fe_{81}B_{13}Si_4C_2$ (имеет константу магнитострикции λ порядка 30 ppm, T_C = 370 °C и $T_{кр}$ = 480 °C) после проведения ТО при температуре 380 °C с различной длительностью изотермической выдержки в печи СУОЛ в атмосфере азота или в вакууме (контрольные образцы).

Были измерены квазистатические кривые намагничивания и максимальные петли гистерезиса на установке ММКС-100-0,05 (НИИ СТТ «Эдельвейс»). Динамические свойства исследуемых образцов при частотах перемагничивания 400 и 1000 Гц измерены на установке УКМП-0,05-100 (НИИ СТТ «Эдельвейс»). Погрешность определения свойств не превышала 3 %. При наблюдении поверхности образцов в оптической моде магнитооптического Керр-микроскопа (Evico magnetics) получено, что ТО в азоте приводит к уменьшению их шероховатости.

Исследование магнитных свойств показало следующее. Для всех длительностей изотермической выдержки ТО сплава на основе Co магнитные свойства контрольных образцов (ТО в вакууме) улучшаются значительнее, чем в случае ТО в атмосфере азота. Такой же характер изменения магнитных свойств наблюдается и для лент на основе Fe при длительностях изотермической выдержки 10 и 30 минут. Однако повышение длительности до 1 часа приводит к более существенному уменьшению удельных магнитных потерь и к увеличению максимальной магнитной проницаемости (рис. 1) для образцов, прошедших ТО в азоте, по сравнению с уровнем свойств контрольных образцов.

Вероятнее всего, данный характер изменения свойств может быть связан с тем, что азот взаимодействует с атомами Fe при более низких температурах, чем с атомами Co. При отжиге в атмосфере азота образуется Fe2N и при длительности 1 час формируется достаточное количество данного соединения для его проявления влияния на магнитные свойства. Кроме того, сплав на основе Fe имеет более высокое значение магнитострикции, вследствие чего он сильнее может реагировать на создание растягивающих напряжений при появлении Fe_2N в поверхностном слое образца.

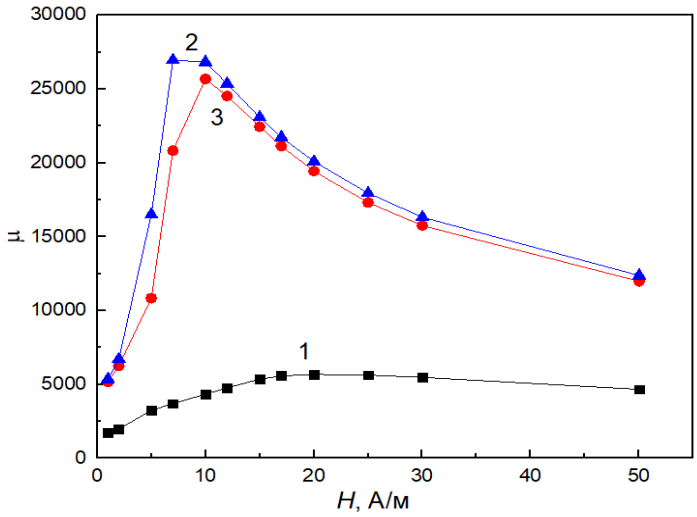


Рис. 1. Зависимость магнитной проницаемости от магнитного поля для лент быстрозакаленного магнитомягкого сплава Fe-B-Si-C: 1 – закаленное (исходное) состояние; 2 – после ТО в атмосфере азота; 3 – контрольный образец (ТО).

1. O.Zivotsky, Y. Jiraskova., A. Hendrych, V. Matejka, L. Klimsa, J. Bursík, IEEE Transactions on Magnetics. 48, Iss.4, 1367–1370 (2012)
2. Н.А. Скулкина, О.А. Иванов, Е.А. Степанова, О.В. Блинова, П.А. Кузнецов, А.К. Мазеева, ФММ 117, №. 10, 1015–1022 (2016).
3. Ю.М.Лахтин, Я.Д. Коган Азотирование стали (1976).

ВЛИЯНИЕ НЕИЗОЭЛЕКТРОННОСТИ КОМПОНЕНТОВ НА ЗАВИСИМОСТЬ ОСТАТОЧНОГО ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ БИНАРНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ ОТ СОСТАВА

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

EFFECT OF NON-ISOELECTRICITY OF COMPONENTS ON THE DEPENDENCE OF THE RESIDUAL ELECTRICAL RESISTANCE OF BINARY METAL ALLOYS WITH THE COMPOSITION

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.

In the coherent potential approximation numerical study of the theoretical curves electrical resistance-composition is carried out. A comparison of theoretical and experimental results allows us to conclude that weak (intermediate) scattering is inherent in isoelectronic(non-isoelectronic) alloys.

В работе [1] был впервые проведен анализ совокупности экспериментальных данных по электросопротивлению и термоэдс систем металлических двойных непрерывных твердых растворов (ДНТР). Анализ зависимостей остаточного электросопротивления R от состава для 21 системы ДНТР выявил ограниченность применимости известного правила Курнакова – Нордгейма [2], согласно которому зависимость R-состав для металлических ДНТР описывается выпуклой симметричной кривой, аппроксимируемой обычно выражением R=j*c*(1-c), где j не зависит от состава, а c - концентрация одного компонента ДНТР. Авторами [1] было показано, что правило Курнакова - Нордгейма выполняется для сплавов, образованных изоэлектронными металлами, т.е. металлами, принадлежащими к одной группе периодической системы элементов (ДНТР типа I). Если же ДНТР образованы неизоэлектронными металлами, зависимость R- состав всегда изображается несимметричной кривой, на которой могут быть вогнутые участки (ДНТР типа II).

Теоретические исследования этого вопроса, выполненные ранее в рамках теории возмущений, малым параметром которой было отношение величины хаотического рассеивающего потенциала к ширине зоны проводимости d, как раз приводили к правилу Курнакова – Нордгейма [2].

В данной теоретической работе в рамках однозонной модели и приближения когерентного потенциала проведено детальное численное исследование влияния

неизоэлектронности компонентов (т.е. степени заполнения электронных зон образующих сплав металлов) на характер зависимости кривых R- состав для различных (в том числе и не малых) значений хаотического рассеивающего потенциала d. Результаты расчетов представлены в графическом виде.

Сопоставление теоретических и экспериментальных кривых R- состав позволяет нам сделать вывод, что изоэлектронным сплавам присуще слабое рассеяние (ДНТР типа I), а для неизоэлектронных сплавов характерно промежуточное рассеяние (ДНТР типа II). Данный вывод подтверждается корреляцией между полученными из рентгеновских спектров значениями параметра рассеяния d [3] и характером зависимости R- состав для ряда конкретных сплавов. Так для сплавов Au-Ag, Pd-Pt параметр рассеяния является малым, и зависимость R- состав описывается выпуклой симметричной кривой (ДНТР типа I), а для сплавов Pd-Ag, Pd-Cu, Pd-Au величина параметра рассеяния близка к единице, и кривые R - состав для них асимметричны и содержат вогнутые участки (ДНТР типа II).

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Сплавы») Г.р.№ АААА-А19-119070890020-3

1. Ведерников М.В., Двуниткин В.Г., Жумагулов А., ФТТ, 20, 3302 (1978).
2. Смирнов А.А., Теория электросопротивления сплавов, Изд-во АН УССР (1960).
3. Kurmaev E.Z., Belash V.P., Menshikov A.Z., Sol. St. Commun.,17, 1059 (1975).

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

Boroznin S. V.[1], Zaporotskova I. V.[1], Boroznina N. P.[1], Zvonareva D. A.[1]

[1)] Volgograd State University

E-mail: boroznin@volsu.ru

The possibility of attaching a chlorine atom to the outer surface of a single-layer borocarbon BC3 of a type A and B nanotube was investigated, namely, adsorption of a Cl atom was studied. Calculations were performed within the molecular cluster model using the MNDO [1] semiempiric scheme.

Analysis of energy curves found that the chlorine atom is practically not adsorbed on the surface of the borocarbon tubulene. It should be noted that adsorption occurs in two cases: for type A, physical adsorption is observed when adsorbing chlorine is located above the center of the hexagon; for a type B tube, the chlorine atom is adsorbed above the B-B coupling center (Fig. 1).

Analysis of the geometry results found that the interaction of the adsorbing chlorine atom with the boron atoms of the tube surface begins to occur at a distance of 2,5Å. Both boron atoms come out towards the chlorine atom, while the chlorine atom begins to shift towards one of the boron atoms and at a distance 1,9Å forms a chemical bond

with it, then the boron atoms return to their original state, while the length of the chlorine-boron bond decreases and becomes equal to 1,2Å. Thus, adsorption of chlorine atoms does not result in deformation of the tube.

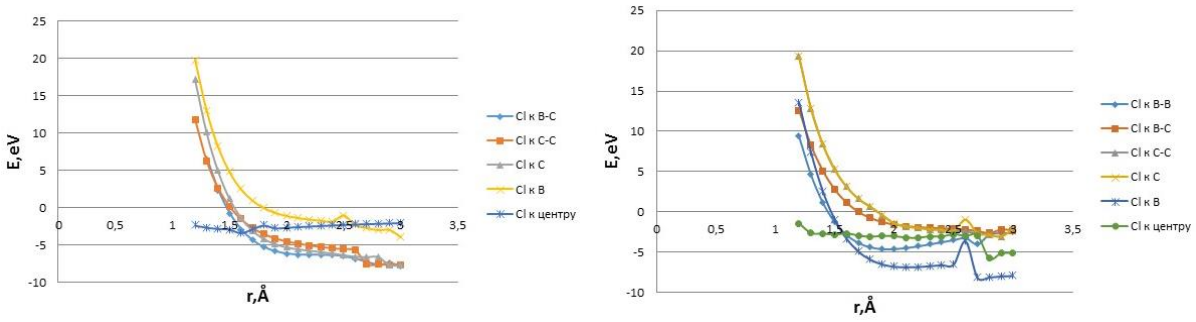


Fig. 1. Surface profiles of the potential interaction energy of the Cl atom with the surface of the borocarbon nanotube (6, 6) of type A and B for five variants of its location relative to the boron tubule.

Most likely is the mechanism for attaching a chlorine atom to the middle of the bond between the boron atoms. It is also worth noting that only in the case of borocarbon nanotubes of type A, a chlorine atom is attached to the center of the hexagon. That is, it can be assumed that if it is necessary to saturate the chlorine atom inside the nanotube through the side surface, it is worth doping to orient the chlorine

Researches are executed with financial support of a grant of the Russian President № МК-1758.2020.8

1. Zaporotskova I.V. Volgograd: iad VolSU, 438 (2014).

ПРИПОВЕРХНОСТНЫЕ ЦЕНТРЫ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ДИОКСИДЕ ТИТАНА

Ботов М. А.[1], Кузнецов А. Ю.[1], Соболев А. Б.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет

E-mail: scibma@gmail.com

NEAR-SURFACE CENTERS OF LUMINESCENCE IN TITANIUM DIOXIDE

Botov M. A.[1], Kuznetsov A. Y.[1], Sobolev A. B.[1]

[1)] Ural Federal University

Luminescence in anatase thin films caused by processes of electronic excitations were investigated using first-principles approaches. The energy of luminescence as to intrinsic defects and self-trapped exciton in particular were calculated by Hartree-Fock and B3LYP methods.

Анатаз являтся наиболее перспективной из всех полиморфных модификаций оксида титана для целей применения в солнечной энергетике благодаря своей более высокой мобильности электронов, низкой диэлектрической постоянной и более низкой плотности.

В данной работе методами из первых принципов были исследованы процессы релаксации электронных возбуждений в тонких пленках монокристалла оксида титана (анатаз), сопровождаемые люминесценцией.

В частности, были смоделированы такие нейтральные собственные дефекты как автолокализованные экситоны. Работы выполнялось с помощью квантово-механических методов Хартри-Фока и гибридного функционала B3PYP. Рассчеты вполнялись в рамках периодических граничных условий с полной релаксацией суперячейки.

Для рассмотренных конфигураций дефектов были получены данные по энергии люминесценции, изменениям в распределении электронной плотности, плотности состояний и характере геометрических искажений кристаллической решетки, вызванных возникновением дефекта и процессами релаксации.

1. Dovesi R, Sounders V.R, Roetti C et al //CRYSTAL09 User's Manual (University of Tourino) (2013)
2. O, Huisman C. L. and Reller A. Photoinduced reactivity of titanium dioxide //Prog. in Solid State Chem. 32, pp. 33-117 (2004)

АНАЛИЗ КИНЕТИКИ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ АНИОН-ДЕФЕКТНЫХ КРИСТАЛЛОВ α-Al_2O_3 В ТЕМПЕРАТУРНОМ ДИАПАЗОНЕ ОТ -40 ДО 300 °С

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

KINETIC ANALYSIS OF THERMOLUMINESCENT GLOW CURVES IN ANION-DEFECTIVE CRYSTALS α-Al_2O_3 FROM -40 TO 300 °C

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 kinetic parameters of shallow traps were investigated. The influence of the irradiation temperature on the intensity of the main dosimetric peak was investigated. The studies were carried out in the temperature range from -40 to 300 ° C

Термолюминесцентные (ТЛ) дозиметры на основе кристаллов α-$Al_2O_{3-\delta}$ (ТЛД-500К, α-Al_2O_3:C) используются для индивидуальной дозиметрии и дозиметрии окружающей среды. Под воздействием ионизирующего излучения происходит накопление электронов на основной дозиметрической ловушке. Далее, при нагреве до 150 – 200 °С: освобождение захваченного электрона, его рекомбинация с дырками на центрах люминесценции, возбуждение центра люминесценции, переход центра в основное состояние, сопровождающийся излучением света, интенсивность которого пропорциональна поглощенной дозе излучения.

Помимо основной дозиметрической ловушки в кристалле существуют термически мелкие ловушки. Время жизни носителей заряда в таких ловушках от нескольких миллисекунд до нескольких секунд при комнатной температуре. При температуре порядка -30…-40 °С время жизни носителей заряда на таких ловушках увеличивается. Это приводит к тому, что при облучении при низких температурах носители заряда могут захватываться не только на основную дозиметрическую ловушку, но и на термически более мелкие ловушки. Конкуренция в захвате носителей, образованных облучением, между основной и мелкими ловушками может привести к снижению интенсивности основного дозиметрического пика, и, как следствие, к искажению реальной дозиметрической информации [1].

В данной работе были исследованы кинетические параметры мелких ловушек, а также влияние температуры облучения на интенсивность основного дозиметрического пика. Исследование проводилось с помощью экспериментального комплекса, описанного в [2].

В работе исследована ТЛ более 15 образцов ТЛД-500К с различной чувствительностью. Для каждого из них рассчитаны энергия активации, частотный фактор, порядок кинетики различными методами. В качестве примера на Рис. 1 приведена типичная зависимость выхода ТЛ образца α-$Al_2O_{3-\delta}$ от скорости нагрева в диапазоне температуры -40 ÷ 20 °C, используемая для расчета кинетики ТЛ.

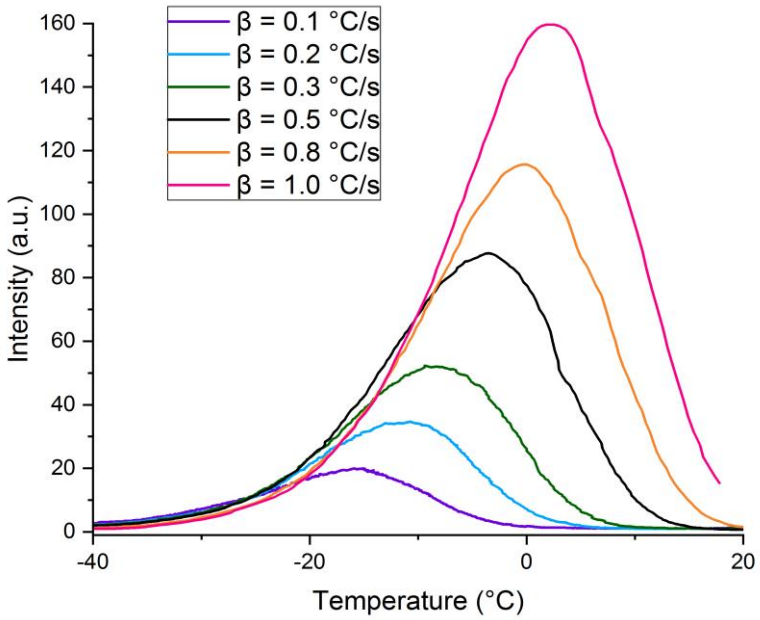


Рис. 1. Зависимость выхода ТЛ образца анион дефектного α-Al_2O_3 от скорости нагрева в диапазоне температуры -40 ÷ 20 °C

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. Molnar G. Influence of the irradiation temperature on TL sensitivity of Al_2O_3:C / G. Molnar, M. Benabdesselama, J. Borossayb et al. // Radiation Measurements. – 2001. – Vol. 33. – 619-623 p.
2. Boyarintsev A. Thermoluminescence of anion-defective α-Al2O3 crystals at low temperatures / A.I. Boyarintsev, I.I. Milman, R.M. Abashev, A.I. Surdo // AIP Conference Proceedings. – 2020. – Vol. 2313. – 030011

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПАРОГАЗОВОЙ СРЕДЫ НА ТВЕРДОСТЬ И СКОРОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ TiN-ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ АНОДНОГО ИСПАРЕНИЯ ТИТАНА В СИЛЬНОТОЧНОМ ДУГОВОМ РАЗРЯДЕ

Брюханова Ю.А.[1, 2], Меньшаков А.И.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт электрофизики УрО РАН, Екатеринбург
E-mail: yuliya.bryuhanova.96@mail.ru

INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF THE VAPOR-GAS MEDIUM ON THE HARDNESS AND DEPOSITION RATE OF TiN COATINGS DEPOSITED BY THE METHOD OF ANODIC EVAPORATION

Bryukhanova Y.A.[1, 2], Menshakov A.I.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Electrophysics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Titanium nitride films were obtained by anodic evaporation of Ti in an arc discharge plasma at temperatures above 1700°C in Ar-N2 gas medium. The effect of nitrogen flow (1-20 ml/min), ion energy (0-250 eV), and titanium vapor flow on the deposition rate of TiN coatings and their hardness is studied

В настоящее время ведется поиск ионно- плазменных методов и условий формирования наноструктурированных, твёрдых покрытий нитрида титана (TiN) и композитных материалов, включающие в свой состав TiN, для их использования в промышленных целях как защитное, износостойкое и жаропрочное покрытие [1,2]. В связи с этим, целью данной работы является подбор оптимальных условий получения плёнки TiN в среде аргон – азот (Ar – N2) в сильноточном дуговом разряде методом анодного испарения Ti.

Твёрдые плёнки TiN был нанесены на кварцевые и металлические подложки методом анодного испарения при температурах свыше 1700 °C на установке «Мир» при токе разряда 20 А и давлении инертного газа 2•10-3 – 3•10-4 Торр. В качестве реакционного газа был использован чистый N2. Подобранные параметры нанесения покрытия позволили получить толстый слой пленки (0,5 – 3 мкм) твёрдостью до 30 ГПа.

Толщину покрытий определяли методом шарового истирания на приборе Calotest (CSM Instruments) с точностью до 0,1 мкм. Методика исследования основывается на измерении размера кратера, образованного в исследуемом образце под действием вращающего шарика и абразивной алмазной суспензии с дисперсностью до 1 мкм. Получившиеся плёнки имели толщину от 500 нм до 3 мкм

Твёрдость полученных плёнок измерялась методом микроидентирования на приборе SHIMADZU путём вдавливания вершины с углом 115° алмазной трёхгранной пирамиды Берковича в покрытие с нагрузкой 10 г.

Согласно полученным данным, твёрдые пленки на основе Ti – N имели толщину 0,5 – 3 мкм и твёрдость до 30 ГПа при относительно низких потоках азота.

Данный метод получения покрытий и предложенные в работе условия их формирования позволяют получать твёрдые пленки наноструктурированного TiN, которые можно использовать в качестве защитного покрытия в различных отраслях науки и техники.

Работа выполнена при поддержке РНФ (грант № 20-79-10059)

1. Gerth, U. Wiklund, Wear, 264, 885–892 (2008)
2. A.M.A. El-Rahman, R.Wei, Surface & Coatings Technology, 241, 74–79 (2014)

НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ФЛУКТУАЦИИ ПРИ ВСКИПАНИИ СТРУЙ ПЕРЕГРЕТЫХ ЖИДКОСТЕЙ

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

LOW-FREQUENCY FLUCTUATIONS AT BOILING-UP OF SUPERHEATED LIQUID JETS

Busov K. A.[1]

[1)] ITP UB RAS

The dynamics of boiling-up of a superheated water jet discharging from a high-pressure chamber through short nozzles of different geometry has been studied experimentally. The effect of complete opening of the jet at the discharging through a nozzle of non-circular cross-section has been established

В энергетическом оборудовании могут использоваться теплоносители с высокими значениями термодинамических параметров (температура, давление), которые близки к критическим. При энергонапряженной работе системы, могут возникать 1/f – пульсации, характерной чертой которых является то, что значительная часть энергии пульсаций накапливается в очень медленных процессах и означает возможность больших низкочастотных высокоэнергетических выбросов [1,2]. Следовательно, для мониторинга стабильной работы оборудования, а также для прогнозирования неблагоприятных (аварийных) ситуаций, важно иметь эффективные методы диагностики системы. Одним из таких инструментов является метод лазерной фотометрии, позволяющий получить распределение энергии для различных частот. В данной работе с помощью полученных спектров

мощности выявлялись кризисные явления в процессе вскипания струи перегретой воды.

Истечение нагретой жидкости происходило из камеры высокого давления объемом 630 мл через короткие каналы (цилиндрический, квадратный, щелевой, треугольный) в атмосферу. Все каналы имели длину l~1мм. Температура и давление в опытах соответствовали условиям на линии фазового равновесия жидкость – пар.

Исследования показали, что 1/f – пульсации наблюдались при смене режимов вскипания – при переходе от единичных и не взаимодействующих центров кипения к интенсивному гетерогенному зародышеобразованию и от гетерогенного к гомогенно флуктуационному парообразованию. Изменение спектральной плотности обратно пропорционально частоте было выявлено при скачкообразном переходе от конической формы к полному раскрытию вскипающей струи жидкости и обратно при истечении через цилиндрический канал. Подобные резкие изменения формы струи были обнаружены в опытах по истечению через короткие треугольный и квадратный каналы.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации (грант № МК-1933.2020.8), РФФИ (грант № 19-08-00091).

1. Коверда В.П., Скоков В.Н., Скрипов В.П. 1/f - шум в критическом неравновесном фазовом переходе // Письма в ЖЭТФ. 1996. Т. 63. № 9. С. 739.
2. Коверда В.П., Скоков В.Н., Скрипов В.П. 1/f – при неравновесном фазовом переходе. Эксперимент и математическая модель // ЖЭТФ. 1998. Т. 113. № 5. С. 1748 – 1757.

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ЗАКРЕПЛЯЮЩЕГО СЛОЯ НА ОБМЕННОЕ СМЕЩЕНИЕ В ПЛЁНКАХ ТИПА FeNi/FeMn/FeNi

Быкова А.А.[1], Горьковенко А.Н.[1], Кулеш Н.А.[1], В.О. Васьковский[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

[2)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, Екатеринбург, Россия

E-mail: nastyabykowa@gmail.com

INFLUENCE OF THE PINNING LAYER THICKNESS ON EXCHANGE BIAS IN FeNi/FeMn/FeNi FILMS

Bykova A.A.[1], Gorkovenko A.N.[1], Kulesh N.A.[1], Vas”kovski V.O.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

[2)] Institute of Metal Physics, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Temperature dependencies of exchange bias field and coercivity in FeNi/FeMn/FeNi films with different thicknesses of antiferromagnetic FeMn and top FeNi layers are investigated. Experimental results are interpreted using micromagnetic simulation performed on a polycrystalline multilayer model.

Магнитное смещение, характеризующее устойчивость магнитного состояния ферромагнитных плёнок к воздействию внешнего магнитного поля, является важной функциональной характеристикой материалов, используемых в устройствах магнитной сенсорики и спинтроники. Оно, в частности, может присутствовать в ферромагнитных слоях многослойных плёнок при наличии обменной связи этих (закреплённых) слоёв с антиферромагнитным (закрепляющим) слоем [1] и поэтому называется обменным смещением. Данная работа посвящена исследованию закономерностей формирования магнитного смещения в трёхслойной структуре $Fe_{20}Ni_{80}$/FeMn/$Fe_{20}Ni_{80}$, содержащей закрепляющий антиферромагнитный слой FeMn.

Образцы для исследования получены методом магнетронного распыления сплавных мишеней на стеклянных подложках Corning, покрытых буферным слоем Ta толщиной 5 нм. Толщины двух ферромагнитных слоёв $Fe_{20}Ni_{80}$ были фиксированы (FM-1 – 5 нм, FM-2 – 40 нм), а толщина L слоя FeMn варьировалась от образца к образцу в пределах от 2 до 20 нм (см. вставку на рис.1, а). При этом тонкий слой ферромагнетика осаждался непосредственно на Ta, а более толстый – на антиферромагнитный слой. Для экспериментального определения магнитных свойств использовались Керр-магнитометр EvicoMagnetics (при комнатной температуре) и измерительный комплекс PPMS DynaCool (в температурном интервале 5-300 К). Анализ полученных результатов выполнен с использованием компьютерного моделирования в программе Mumax3.

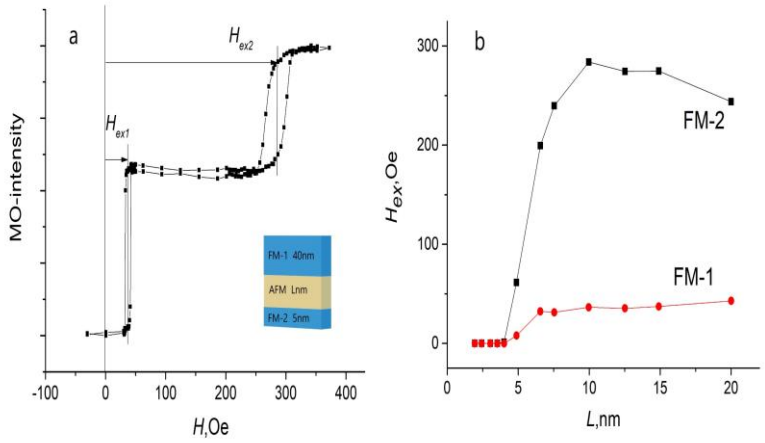


Рис.1. Магнитооптическая петля гистерезиса плёнки SiO_2/Ta/FeNi/FeMn/FeNi (a) и зависимости полей обменного смещения Hex1 в слое FM-1 и Hex2 в слое FM-2 от толщины антиферромагнитного слоя (b). На вставке – схематическое изображение плёночной структуры.

На рис.1, a показана типичная магнитооптическая петля гистерезиса, измеренная со стороны подложки на плёнке с толщиной слоя FeMn равной 10 нм. Наличие двух скачкообразных изменений магнитооптического сигнала соответствует перемагничиванию двух слоёв пермаллоя. Их петли гистерезиса смещены по оси магнитного поля, свидетельствуя о наличии обменного смещения в плёночной структуре. При этом отношение полей обменного смещения H_{ex1}/H_{ex2} = 1/8, то есть обратно пропорционально отношению толщин ферромагнитных слоёв, что говорит о практически одинаковой эффективности обменной связи на обоих межслойных интерфейсах данного образца. При комнатной температуре подобная картина наблюдается и для образцов с другими значения L > 5 нм (см. рис. 1, b). В то же время известно [2], что на межслойную обменную связь большое влияние оказывает микроструктура контактирующих слоёв, на которую в определённой мере можно влиять за счёт варьирования толщин слоистых составляющих. Эти положения нашли количественное подтверждение при анализе температурных зависимостей полей обменного смещения $H_{ex1}(T)$, $H_{ex2}(T)$ в образцах с разной L, выполненном нами с использованием микромагнитного моделирования свойств ферро/антиферромагнитной поликристаллической среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема № FEUZ-2020-0051.

1. Radu F., Zabel H. Magnetic Heterostructures. Springer Tracts in Modern Physics, vol 227, pp 97-184 (2008).
2. Harres A, Geshev J, J. Phys. Condens. Matter, V. 24, P.326004 (2012).

DESIGN OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON AMORPHOUS RIBBONS WITH TAILORED ANISOTROPY

Chlenova A. A.[1, 2], Timofeeva A. V.[1], Lukshina V. A.[2], Kurlyandskaya G. V.[1]

[1)] Ural federal university named after B.N. Yeltsin
[2)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

E-mail: chlenova.anna@gmail.com

Amorphous ribbons as composite materials with different types of thermomechanically induced magnetic anisotropy were investigated to determine the features of magnetostatic and magnetodynamic properties.

Amorphous ribbons are perspective soft magnetic materials that among other applications are suitable for magnetic sensor elements with remarkable sensitivity. For example, sensors using a giant magnetoimpedance (GMI) effect [1], which consists in a significant change in the total impedance of a ferromagnet when an alternating current flow and an external magnetic field is applied [2]. On the one hand, effective magnetic anisotropy of amorphous ribbons is determined by the composition, fabrication conditions and the contribution of the shape anisotropy [3]. On the other hand, there are also effective methods for tailoring the anisotropy features and formation of the induced magnetic anisotropy such as thermomagnetic treatment, thermomechanical treatment (TMT) [3]. GMI sensitive element in the shape of amorphous ribbon with a stable and very high sensitivity to an external magnetic field can be obtained using TMT. In the Co-based ribbons with very low and negative magnetostriction the TMT results in formation of transverse induced magnetic anisotropy. If the temperature and the specific load are properly selected the uniaxial transverse magnetic anisotropy is created with such an anisotropy constant that work point of the sensor can be placed in the field of few Oersted requested for sensor applications [4].

In this work CoFeCrSiB rapidly quenched amorphous ribbons were subjected to relaxation annealing and thermomechanical treatments in order to induce either longitudinal (LA) or transverse (TA) magnetic anisotropy with different values of the induced magnetic anisotropy constants. Their magnetostatic and magnetodynamic properties were analyzed aiming to fabricate composite materials with tailored anisotropy in the shape of multilayered structures containing amorphous ribbons with different kind of the effective anisotropy of the layers separated by conductive epoxy composite layers. The ribbons were cut and subjected to TMT without and with tensile stresses of 230 and 250 MPa for 1 hour at the temperature of 350 ºC. Based on the form of the magnetostatic hysteresis loops, a conclusion was made about the type of anisotropy. The magnetodynamic characteristics (both real and imaginary parts of the total impedance in the frequency range of 1 to 200 MHz) were investigated using an Agilent e4991A impedance analyzer. Composite materials were based on amorphous ribbons with identical and different types of effective magnetic anisotropy which were combined using conductive epoxy composite layers: L/T/L and T/L/T types were prepared.

However, for each case more complex shapes of the top layer were also considered showing the possibility to tailor the high frequency responses of the designed elements.

The research was carried out within the state assignment of Minobrnauki of Russia № AAAA-A19-119070890020-3 (theme "Alloys").

1. Makhotkin V.E., Shurukhin B.P., Lopatin V.A., Marchukov P.Yu., Levin Yu.K., Sensors and Actuators A, 27, 759 (1991).
2. Bukreev D.A., Derevyanko M.S., Moiseev A.A., Kuz'mina A.S., Kurlyandskaya G.V., Semirov A.V., Phys. Met. Metallogr. 121, 949 (2020).
3. Amalou F., Gijs M. A. M., Journal of Applied Physics 90, 3466 (2001).
4. Kurlyandskaya G.V., Garcia-Arribas A., Barandiaran J.M., Kisker E., Sensors and Actuators A: Physical 91, 116 (2001).

X-RAY PHOTOELECTRON SPECTRA OF Ag-Au COLLOIDAL NANOPARTICLES AFTER INTERACTION WITH LINEAR CARBON CHAINS

Zhidkov I.S.[1, 2], Losev T.S.[1], Kurmaev E.Z.[1, 2], Cholakh S.O.[1], D'Urso L.[3]

[1)] Institute of Physics and Technology, Ural Federal University
[2)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch of Russian Academy of Sciences
[3)] Dipartimento di Scienze Chimiche, Universita' di Catania

E-mail: i.s.zhidkov@urfu.ru

We present the results of XPS study of Ag-Au alloy nanoparticles encapsulated into linear carbon chains shell.

The results of X-ray photoelectron spectra (XPS) characterization of the surface of Ag-Au colloidal nanoparticles (Ag-Au NPs), prepared by laser ablation in water before and after interaction with linear carbon chains (LCC), are presented. No additional features appear in high-energy resolved XPS core level spectra of Ag-Au NPs which indicates that surface is not oxidized. The measurements of XPS Ag 3d-spectrum of (Ag-Au)@LCC manifests the additional low-energy structure that is associated with the formation of Ag–C bonds. The charge transfer between Au atoms on the NPs surface and LCC was established. Additionally, some oxidation of the Ag atoms on the surface of (Ag-Au)@LCC is observed which arises during laser ablation in water. We assume that oxidative species will preferably interact with the areas outside the LCC instead of oxidizing the carbon chains which was confirmed by XPS C 1s spectra.

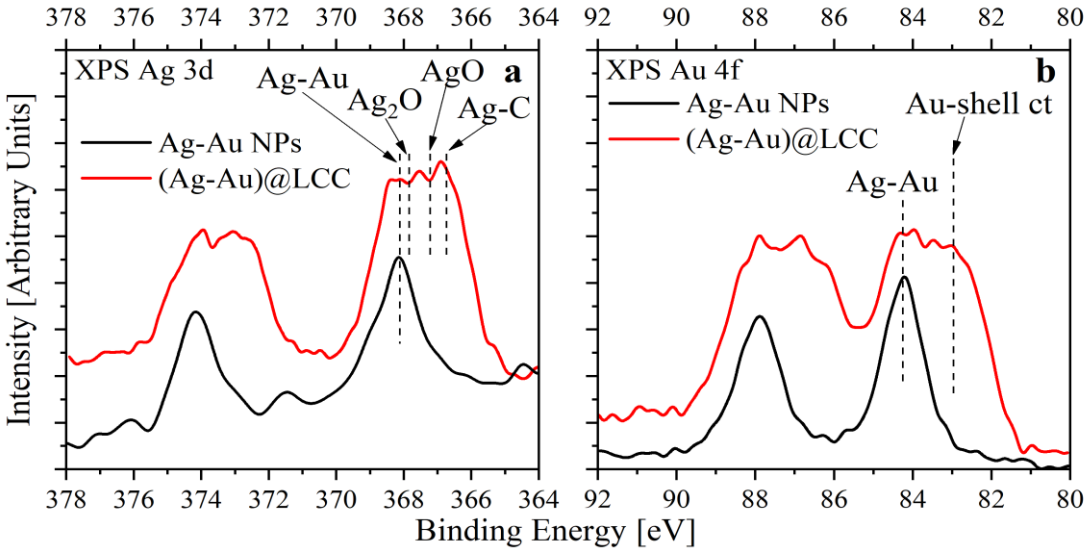


Figure 1. XPS spectra of Ag-Au and (Ag-Au)@LCC: (a) Ag 3d and (b) Au 4f. Label “Au-shell ct” designates charge transfer between Au atoms and LCCs shell.

This study was supported by Russian Science Foundation (Project 19-72-00001).

1. I.S. Zhidkov et al. Appl. Sci. 11, 685 (2021).

МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ АМОРФНОЙ КОМПОНЕНТЫ ПО УРОВНЮ ФОНА РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКТОГРАММЫ ЦИРКОНИЙ СОДЕРЖАЩИХ ХЛОРАЛЮМИНАТОВ

Чукина А. А.[1], Денисова О. В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: nessy-sevanir@mail.ru

THE QUANTITATIVE ESTIMATION OF AMORPHOUS CONTENT AT THE ZIRCONIUM-CONTAINING CHLORALUMINATES BY THE XRD-BACKGROUND LEVEL

Chukina A. A.[1], Denisova O. V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The calibration curve was obtained based on model samples with known amorphous content. It made possible quantitative estimate the amorphous phase at the zirconium-containing chloraluminates by the XRD-background level.

Присутствие аморфной компоненты в пробе может существенно влиять на точность результата количественного фазового анализа, проводимого методами рентгеновской дифракции (XRD-анализ). Хотя метод рентгеновской дифракции рассчитан на исследование именно кристаллических фаз, тем не менее, он чувствителен и к присутствию аморфной компоненты [1].

Целью данной работы была разработка методики оценки количественного содержания аморфной компоненты в многофазных образцах замороженных расплавов цирконий содержащих хлоралюминатов. Характерной особенностью образцов являлось присутствие малых концентраций кристаллических алюминиевых и циркониевых фаз, а также цирконий содержащей аморфной компоненты.

Для разработки методики определения аморфной компоненты были проведены модельные эксперименты, где к исходной пробе (UP2-5) искусственно добавлялось заданное количество аморфного диоксида циркония ZrO2: 2,5%, 5%, 10%, 12,5% (весовых процентов). Дифрактограммы исследуемых образцов представлены на рисунке.

Из рисунка видно, что уровень фона на дифрактограммах растет с увеличением процентного содержания аморфной компоненты. Построенная зависимость уровня фона на средних углах дифракции от содержания аморфной компоненты показала линейный характер.

Полученная таким образом калибровочная кривая использовалась для определения весового процента аморфной фазы в других исследуемых образцах по уровню фона на XRD-дифрактограммах.

1. Чухчин, Д.Г. Способ дифрактометрического определения степени кристалличности веществ/Д.Г. Чухчин, А.В. Малков, И.В. Тышкунова, Л.В. Майер, Е.В. Новожилов. Кристаллография, том 61, №3, 2016, с. 375-379.

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ, ДОПИРОВАННОЙ ИТТРИЕМ

Чуркин В.Ю.[1], Панков В.А.[1], Звонарев С.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: churkinslavatok@rambler.ru

OPTICAL PROPERTIES OF ALUMINA CERAMIC DOPED BY YTTRIUM

Churkin V.Y.[1], Pankov V.A.[1], Zvonarev S.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The luminescence glow curves of ceramics based on aluminum oxide with impurities yttrium were investigated. A position and a shape of cathodo- and thermoluminescence peaks depend on the annealing temperature and the concentration of dopants.

Исходные оксидные матрицы, применяемые в люминофорах, при легировании изменяют свои оптические свойства, что позволяет использовать их в качестве материалов для оптических устройств и систем. Оксидные соединения с иттрием характеризуются новыми физическими, химическими и оптическими свойствами. У оксидов иттрия и алюминия, наблюдаются характерные дефектные центры, связанные с кислородными вакансиями и неструктурными дефектами [1,2,3]. Для исследования механизмов люминесценции данных центров, определения их типа и структуры, применяются методы импульсной катодной (ИКЛ) и термолюминесценции (ТЛ).

Керамические компакты изготавливались из высокочистого (99,7%) коммерческого нанопорошка оксида алюминия, массой 100 мг методом холодного статического прессования под давлением 125 МПа. Из-за низкой механической прочности, был проведен их термический отжиг при температуре 450 °С в течение 0,5 часов, для предотвращения разрушения. Для создания легированной керамики компакты пропитывали в течение получаса в растворе иттрия (III) азотнокислого 6-вод. чистого ($Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$). Изменяя количество добавляемой соли в растворе, были получены образцы с концентрацией иттрия 1 и 18,5 масс. %. Далее проводилось спекание в высокотемпературной электропечи в течении 1 часа в атмосфере воздуха при температуре спекания 1000, 1200 и 1400 °С.

Оценка оптических свойств методом ИКЛ проводилась на спектрометре “КЛАВИ” в диапазоне 300-750 нм при облучении импульсным электронным пучком 130 кэВ. ТЛ исследовалась на экспериментальной установке при линейном нагреве от 300 до 770 К и скорости нагрева 2 К/с после облучения импульсным электронным пучком (15 кГр) и облучения на источнике

β-излучения с мощностью 0,052 Гр/мин.

Спектры ИКЛ чистой керамики из оксида алюминия имеют полосы люминесценции с максимумами при 400 и 693 нм, которые соответствуют люминесценции F-центра оксида алюминия и примесного центра Cr, соответственно. Легирование исходной матрицы примесью иттрия приводит к появлению новых узких полос люминесценции.

На кривых ТЛ керамических образцов Al_2O_3 после облучения импульсным электронным пучком имеются три четко выраженных пика при 335, 460 и 620 К, интенсивность которых с ростом температуры отжига увеличивается. Допирование иттрием керамики оксида алюминия приводит к появлением двух новых пиков при 360 и 420 К.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-72-10082).

1. A. Ciric, Journal of Luminescence, 217, 116762 (2020).
2. Ya. Zhydachevskyy, Acta Physica Polonica A, 133, 977-980 (2018).
3. 3.T. Zorenko, Optical Materials, 86, 376-381 (2018).

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ АРГОНА НА МОРФОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТИ ТОНКИХ ПЛЕНОК InGaAsP/Si, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО НАПЫЛЕНИЯ

Девицкий О.В.[1, 2], Никулин Д.А.[2]

[1)] Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2)] Северо-кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия
E-mail: v2517@rambler.ru

INFLUENCE OF ARGON PRESSURE ON THE SURFACE MORPHOLOGY OF THIN InGaAsP/Si FILMS OBTAINED BY PULSED LASER DEPOSITION

Devitsky O.V.[1, 2], Nikulin D.A.[2]

[1)] Federal Research Center The Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russia
[2)] North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

The thin films of InGaAsP/Si were obtained by pulsed laser deposition at different argon pressures. The dependence of the surface morphology (arithmetic mean and root-mean-square roughness) of the thin films on the argon pressure in the vacuum chamber under pulsed laser deposition has been determine

Импульсное лазерное напыление (ИЛН) является достаточно перспективным и быстроразвивающимся методом получения как бинарных [1], так и многокомпонентных полупроводниковых соединений A^3B^5 [2]. Изменяя энергию лазерного импульса (флюенс) и температуру подложки при ИЛН можно управлять структурными свойствами и морфологией поверхности, получаемых тонких пленок. Однако при ИЛН многокомпонентных соединений не так просто реализовать конгруэнтный перенос состава мишени на подложку. При ИЛН многокомпонентных мишеней в вакууме при низких значениях флюенса происходит формирования эрозионно-плазменного факела в виде узкого пучка, при этом существует вероятность того, что диаграмма разлета одного из компонентов может быть шире, чем у остальных. Увеличение значения флюенса повышает вероятность изотропного разлета компонентов мишени, но в свою очередь создает предпосылки для образования пленок субстехиометрического состава из-за недостатка наиболее летучего компонента. Для того, чтобы снизить энергию потока частиц в эрозионно-плазменного факела, напыляемых на подложку в объем вакуумной камеры вводят буферный газ, чаще всего это аргон. Влияние давления аргона на свойства и морфологию поверхности тонких многокомпонентных пленок соединений A^3B^5 на данный момент малоизучено и требует тщательного и всестороннего исследования.

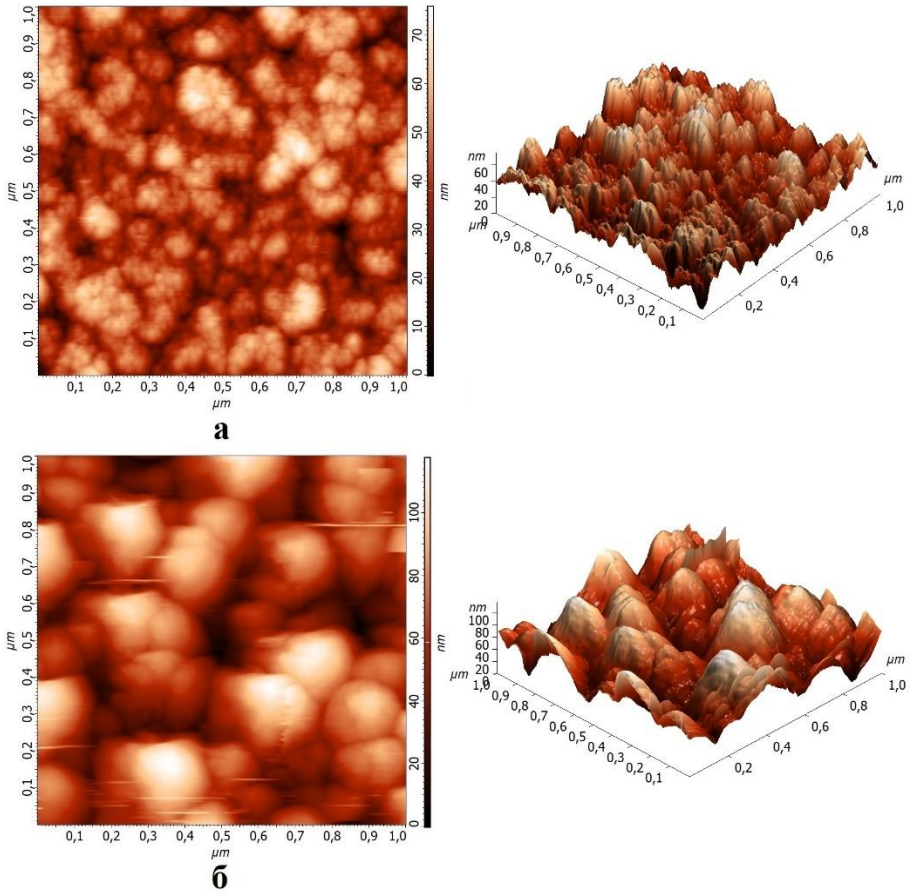


Рис. 1. АСМ-изображения тонких пленок InGaAsP/Si при давлении аргона 2 Па (а) и 10 Па (б)

Импульсное лазерное напыление пленок InGaAsP/Si происходило в атмосфере аргона с чистотой 99.999%. Давление аргона в камере изменялось от 2 Па до 10 Па. В качестве мишени использовалась мишень In_0,48Ga_0,52As_0,66P_0,34, полученная методом холодного прессования. Лазерный луч второй гармоники (532 нм) AYG:Nd^{3+}-лазера фокусировался под углом 45° относительно поверхность мишени. Подложка кремния с ориентацией (100) на расстоянии 50 мм от мишени, температура подложки при ИЛН составляла 350 °С. Плотность энергии лазерного импульса 6 Дж/см^2 при длительности импульса в 15 нс, частота повторения импульсов равнялась 15 Гц.

Исследование морфологии поверхности тонких пленок проводились на атомно-силовом микроскопе (АСМ) Ntegra Aura. Обработка полученных с помощью АСМ данных заключалась в вычитании поверхности второго порядка и определении величины средней арифметической Sa и среднеквадратичной Sq шероховатости поверхности. Было установлено, что для пленок, полученных при давлении аргона в вакуумной камере 2 Па Sa и Sq равнялось 11,47 нм и 9,23 нм соответственно (рисунок 1а). Величина Sa и Sq для пленок, полученных при более высоком давлении аргона (10 Па) в вакуумной камере составила соответственно 58,01 нм и 21,22 нм (рисунок 1б).

Таким образом показано, что уменьшение давления аргона при импульсном лазерном напылении тонких пленок InGaAsP/Si приводит к снижению значения средней арифметической и среднеквадратичной шероховатости поверхности.

Публикация подготовлена в рамках реализации государственного задания «Разработка и создание полупроводниковых гетероинтерфейсов на основе многокомпонентных материалов для устройств СВЧ-электроники и фотоники» на 2021 г. (номер государственной регистрации АААА-А19-119040390081-2).

1. Девицкий О.В., Никулин Д.А., Сысоев И.А. Импульсное лазерное напыление тонких пленок нитрида алюминия на сапфировые подложки // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. Т. 20. № 2. С. 177–184.
2. L.S. Lunin, M.L. Lunina, O.V. Devitsky, I.A. Sysoev Pulsed laser deposition of AlxGa1–xAs and GaP thin films onto Si substrates for photoelectric converters // Semiconductors. Volume 51, Issue 3, 2017. pp. 387–391.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПОЗОНА НА ПЛЕНКИ ФУЛЛЕРЕНА C_{60} В РАЗЛИЧНЫХ РАСТВОРИТЕЛЯХ

Дмитриев А.И.[1], Падалинский М.М.[1], Карпенко Н.И.[1]

[1)] Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь, Россия
E-mail: dm.andrei.18@gmail.com

EFFECT OF INFRORED RANGE RADIATION ON FULLERENE C_{60} FILMS IN VARIOUS SOLVENTS

Dmitriyev A.I.[1], Padalinskiy M.M.[1], Karpenko N.I.[1]

[1)] Crimean Federal University Simferopol, Russia

In this work, we investigated the effect of infrared radiation on films of fullerene C_{60} obtained by different solvents by the method of pouring.

В наши дни технологии производства полупроводниковых приборов достигли высокого уровня, однако, тенденция развития электроники в будущем приведет к непосредственному взаимодействию активных и пассивных электронных устройств с живыми организмами. Большие возможности в данном направлении открывают приборы, созданные на основе органических материалов. Такие перспективы заостряют внимание на исследованиях свойств углеродных полупроводников.

Основываясь на этом, было рассмотрено воздействие излучения инфракрасного диапазона на пленки фуллерена C_{60}. Исследуемые пленочные структуры были получены методом полива из раствора [1]. В качестве растворителей были использованы: толуол ($C_6H_5CH_3$), бензол (C_6H_6), дихлорметан (CH_2Cl_2), хлороформ ($CHCl_3$) и тетрахлорметан (CCl_4). Концентрация исходных раствор C_{60} составляла 0,5 мг/мл.

Анализ поверхностей полученных пленок осуществлялся при помощи микроинтерферометра ЛОМО Мии-4М. Отметим, значительные изменения морфологии поверхности пленок фуллерена в зависимости от используемого типа растворителя (рис. 1), что в свою очередь повлияло на результаты взаимодействия таких структур с излучением ИК диапазона.

Исследование взаимодействия ИК излучения с пленками фуллерена осуществлялось не только при использовании различных типов растворителей, а также при различных концентрациях C_{60}. Стоит отметить интервалы волновых чисел, в которых наблюдалось наибольшее количество пиков поглощения: 650−1250 $см^{-1}$, 1250−1850 $см^{-1}$ и 2650−3250 $см^{-1}$.

Результаты, полученные в ходе исследования, дали возможность оценить влияние концентрации фуллерена на поглощающие свойства в ИК диапазоне. Повышение концентрации исходного вещества увеличивает интенсивность пиков поглощения, однако не приводит к их сдвигу и не влияет на их форму, что обусловлено формированием более однородного слоя фуллерена C_{60}.

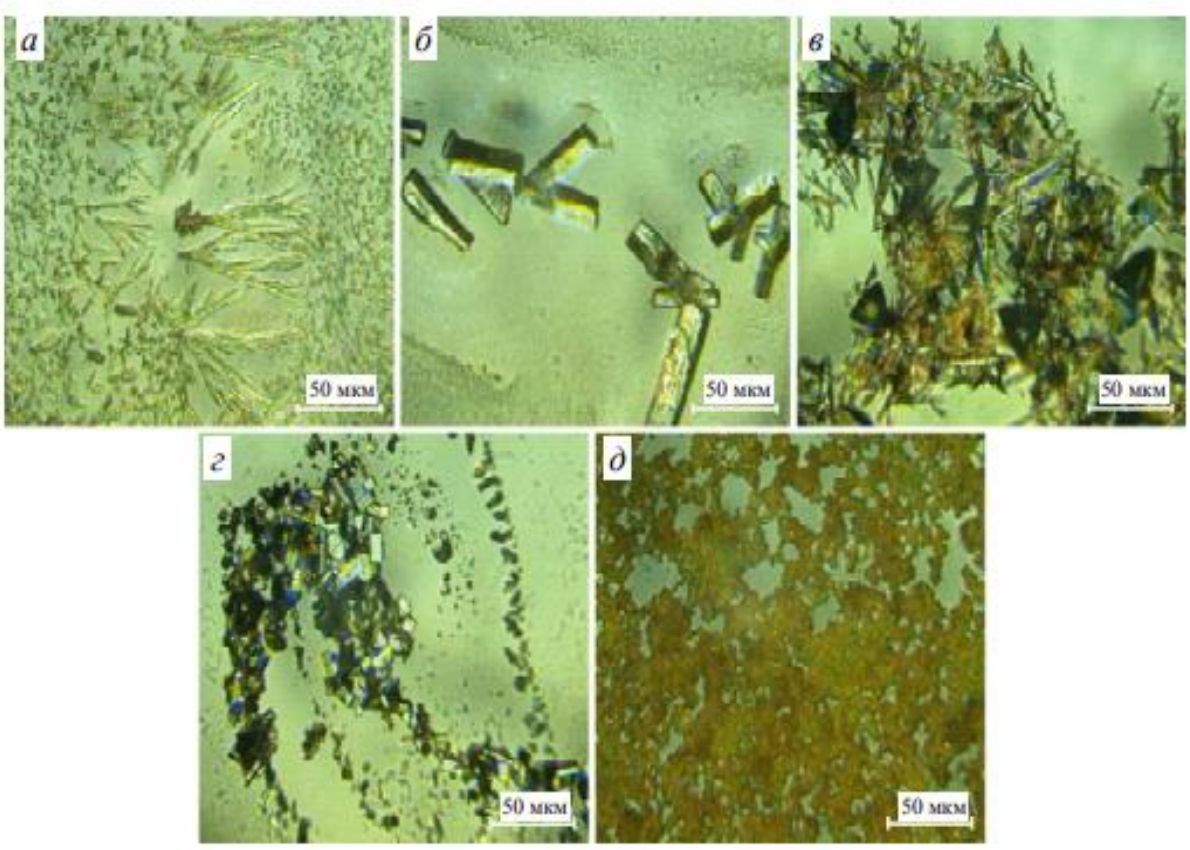


Рис. 1. Пленки фуллерена С60 при использовании различных растворителей: а – толуол; б – бензол; в – дихлорметан; г - хлороформ; д – тетрахлорметан.

1. А. С. Мазинов, А. С. Тютюник, В. С. Гурченко Изменение спектральных характеристик и проводимости пленок фуллерена в зависимости от типа растворителя // Прикладная физика, 2020, [Журнал]. № 2, стр. 64-70.

СИНТЕЗ, МОДИФИКАЦИЯ И АТТЕСТАЦИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ДИОКСИДА ТИТАНА ДЛЯ ЕГО ДАЛЬНЕЙШЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В РОЛИ ФОТОСОРБЕНТА ГАЛЛИЯ

Дорошева И.Б.[1, 2, 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, Екатеринбург
[3)] Институт химии твердого тела УрО РАН, Екатеринбург
E-mail: i.b.dorosheva@urfu.ru

SYNTHESIS, MODIFICATION AND CERTIFICATION OF THE NANOSTRUCTURED TITANIUM DIOXIDE FOR ITS FURTHER APPLICATION AS A GALLIUM PHOTOSORBENT

Dorosheva I.B.[1, 2, 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, Ural Branch of the RAS, Yekaterinburg, Russia

The titanium dioxide nanostructures were synthesized by two methods: sol-gel and anodic oxidation. The synthesized nanotubes and nanoparticles were subsequently annealed at 350 °C in air and at 400 °C in a hydrogen flow for 4 hours. All samples were characterized by XRD, SEM and BET techniques.

Галлий является одним из самых редких металлов на Земле – в чистом виде встретить его в природе невозможно. Однако, благодаря своим особым свойствам широко используется в современной полупроводниковой технике [1]. Повышенный спрос на него приводит к необходимости разработки новых технологий и совершенствования существующих для его извлечения из различных видов сырья. Перспективным направлением в этой области является разработка неорганического фотосорбента на основе наноструктур диоксида титана (TiO_2-NS), поскольку данное соединение является химически стабильным, нетоксичным, доступным и недорогим. В связи с этим, целью данной работы является подбор оптимальных условий синтеза и модификации TiO_2-NS, для их дальнейшего применения в роли фотосорбента галлия.

Синтез наноразмерного порошка золь-гель методом осуществлялся с использованием прекурсора тетрабутоксититана $Ti(C_4H_9O)_4$ (ОСЧ 7-5), этилового спирта C_2H_5OH (95%) и дистиллированной воды H_2O в пропорции 1:1:4. Нанотрубки диоксида титана получены путем анодирования титановой фольги в течение 120 мин при напряжении 20 В. В качестве электролита использован фторсодержащий раствор этиленгликоля (1 мас.% NH_4F). Последующий отжиг синтезированных TiO_2-NS проводился в атмосферах воздуха (муфельная печь SNOL) при

350 °C и водорода (источник ГВЧ-12А, трубчатая печь МРТ-2МР) 400 °C в течение 4 ч.

Рентгенофазовый анализ (РФА) TiO_2-NS выполнен в CuKα1,2 излучении на автодифрактометрах STADI-P и Shimadzu XRD-7000. Рентгенограммы снимались в режиме пошагового сканирования с $\Delta(2\theta) = 0.02°$ в интервале угла рассеяния 2θ от 10° до 80° с высокой статистикой в каждой точке. Удельная площадь поверхности всех образцов измерена методом БЭТ с использованием анализатора Gemini VII 2390 с предварительной дегазацией при 150 °C. Исследование морфологии наноструктур выполнено на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) SIGMA VP (CarlZeiss).

Полученные данные РФА показывают образование аморфных TiO_2-NS сразу после синтеза и их преобразование в кристаллическую фазу анатаза после отжига в атмосферах воздуха и водорода. Анализ рентгеновских дифрактограмм анатаза показал образование частиц с размером ОКР от 10 до 40 нм. Дальнейшее исследование морфологии на СЭМ показало образование нанотрубок длиной 1.7 мкм с диаметром 50-70 нм и наночастиц со средним диаметром 50 нм. Измерения удельной площади поверхности исходных и отожженных наноструктур демонстрируют значения в интервалах 10-15 и 40-120 м2/г, соответственно.

Таким образом, предложенные в данной работе условия синтеза позволяют получать наноструктуры диоксида титана с различной морфологией. Дальнейшая их модификация путем отжига в атмосфере воздуха и водорода позволяет получить кристаллическую структуру анатаза, увеличить их удельную площадь поверхности, сохранив при этом наноразмерность. Синтезированные наноструктуры в дальнейшем будут протестированы в качестве фотосорбента ионов галлия под УФ- и видимым диапазоном излучения.

Работа поддержана стипендией Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам (Конкурс СП-2021).

1. Наумов А.В. Перспективы рынка галлия в 2007-2010 гг. Цветная металлургия. 2007. Номер 3. Стр.21-27

FAST PREDETERMINED EQUILIBRIUM DYNAMICS APPLIED TO MAGNETIC SYSTEMS

Dubel V. A.[1], Kashin I. V.[1]

[1)] Ural Federal University

E-mail: dubel_vika@mail.ru

In this paper, a fast algorithm for implementing the method [1] is proposed for consideration. Its application to the problem of modeling microscopic magnetic dynamics is also shown.

Nowadays, the search for solutions to many-body physical problems by numerical modeling attracts much attention of reseachers. Indeed, traditional energy-based approaches is very difficult to find for a large number of particles, considered as a unified system.

Therefore, it is important to develop alternative and optimal numerical schemes that bypass the formation of the solution by the Hamiltonian treatment. Original approach is presented in [1].

The goal of this paper is to improve this method and apply it to the physical systems. Our idea is to reconstruct the distribution function of the total magnetic moment using distinct algorithm. For this purpose, we suggest a fast numerical scheme for its implementation. It appeared possible to increase the performance of the method by efficiently representing operations over the entire phase space. Achieved acceleration could be several orders of magnitude without losing accuracy.

As a physical application, the spin dynamics of the magnetic system is reconstructed. This algorithm also makes it easier to statistically estimate many key parameters and properties of such systems.

1. I. V. Kashin, AIP Conference Proceedings 2313, 030048 (2020)

СИНТЕЗ ОПТИЧЕСКОЙ НАНОКЕРАМИКИ $MgAl_2O_4$ С ГРАФЕНОВЫМИ КВАНТОВЫМИ ТОЧКАМИ (ГКТ)

Дутов В. А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

E-mail: silver.beats@inbox.ru

SYNTHESIS OF OPTICAL $MgAl_2O_4$ NANOCERAMICS WITH GRAPHENE QUANTUM DOTS (GQD)

Dutov V. A.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

Thermobaric synthesis of transparent $MgAl_2O_4$ nanoceramics synthesized with the addition of graphene has been carried out. Photoluminescence spectroscopy indicates the presence of inhomogeneously broadened luminescence, the maximum energy of which depends on the wavelength of the exciting light.

Графеновые квантовые точки (ГКТ) представляют собой новый класс углеродных наноматериалов вызывающих большой интерес как потенциальные конкуренты обычных полупроводниковых квантовых точек. В дополнение к сравнимым оптическим свойствам, ГКТ обладают такими преимуществами как: низкая токсичность, экологичность и низкая стоимость. Одновременно с разработкой методов синтеза квантовых точек стоит актуальная задача управляемого (контролируемого) внедрения наночастиц в оптическую среду для создания новых композитных материалов. Среди большого разнообразия оптических матриц, одной из наиболее перспективных является алюмомагниевая шпинель. Шпинель характеризуется широкой запрещенной зоной, оптические свойства которой можно модифицировать в широком спектральном диапазоне. Термобарические условия синтеза оптически-прозрачных нанокерамик ведут к реализации эффектов пластической деформации нанозерен шпинели. Реализация таких эффектов может обеспечить необходимые условия для получения 0D мерных структур. Цель настоящей работы заключается в синтезе оптически прозрачных нанокерамик алюмомагниевой шпинели, легированных графеном.

Исходный нанопорошок шпинели был синтезирован методом соосаждения из раствора нитратов алюминия и магния. Графеновый порошок предоставлен компанией “РусГрафен”. Смесь порошков графена и алюмомагниевой шпинели осуществлялась в сапфировой ступке. Нанокерамика получена методом термобарической обработки нанопорошка в тороидальной камере. На нанопорошок оказывалось всестороннее квазистатическое давление 6 ГПа при температуре 600 °С и времени выдержки 30 мин.

Анализ РФА спектроскопии свидетельствует о том, что 100% матрицы – алюмомагниевая шпинель с пространственной группой Fd3m. Рамановская спектроскопия свидетельствует о присутствии характерных для нанокерамики мод колебаний. Кроме того, наблюдаются моды, характерные для sp2- и sp3- гибридизованных состояний углерода. Фотолюминесцентная спектроскопия представлена на рис. 1. Отмечаются характерные для квантовых точек полосы люминесценции, энергия максимумов которых проявляет зависимость от длины волны возбуждаемого излучения.

Зависимость λ_{em} от λ_{ex} обусловлена размерным эффектом ГКТ, в результате которого квантовые точки с меньшим размером проявляют синий сдвиг.

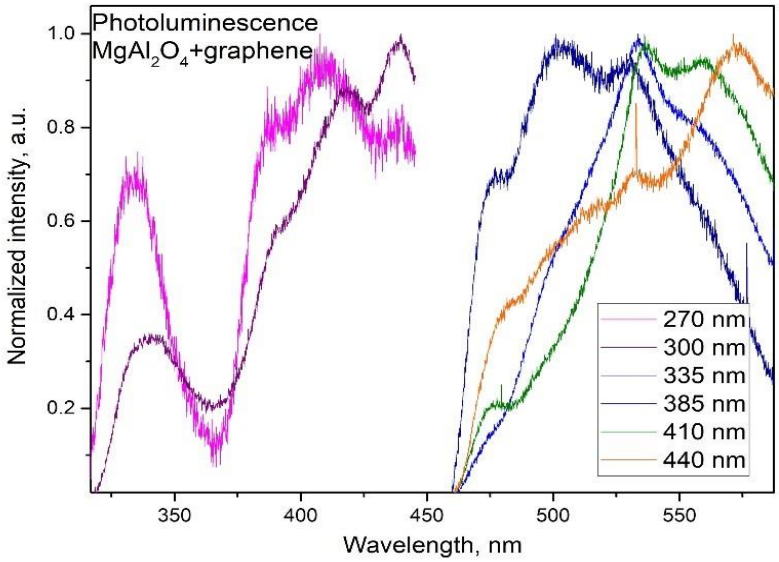


Рис. 1. Спектры фотолюминесценции нанокерамик ($MgAl_2O_4$ + графен). На вставке представлены длины волн, при которых осуществлялось возбуждение свечения.

Предположительно, механизм формирования ГКТ обусловлен сжатием графеновых листов при термобарическом прессовании, где в качестве “наковален” выступают наноразмерные зерна шпинели. Характерная особенность нанопорошка шпинели под действием высокого давления заключается в достаточно высоких значениях предела текучести (порядка 4 ГПа). В настоящей работе давление синтеза было выбрано выше известной из точки текучести. Это обуславливает дополнительный вклад в сдавливание графеновых пластин от распространяющихся дислокаций.

Таким образом, разработан метод синтеза ГКТ в оптической прозрачной нанокерамике шпинели. Дана характеризация полученных образцов, а также выполнен спектроскопический анализ.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20-42-660012

1. Cao L. et al. Carbon dots for multiphoton bioimaging //Journal of the American Chemical Society. – 2007. – Т. 129. – №. 37. – С. 11318-11319.
2. Kiryakov A. N. et al. Morphological and electron-optical properties of aluminium-magnesium spinel nanoceramics doped with gadolinium ions //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2018. – Т. 2015. – №. 1. – С. 020039.

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНО КОРОТКИХ ОПТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ В ФОТОННОМ КРИСТАЛЛЕ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Двужилова Ю. В.[1], Двужилов И. С.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет

E-mail: dvuzhilov.ilya@volsu.ru

INFLUENCE OF AN EXTERNAL ELECTRIC FIELD ON THE PROPAGATION OF EXTREMELY SHORT OPTICAL PULSES IN A PHOTONIC CRYSTAL OF CARBON NANOTUBES

Dvuzhilova Y. V.[1], Dvuzhilov I. S.[1]

[1)] Volgograd State University

In this work, we performed a numerical simulation of the dynamics of one-dimensional extremely short optical pulses in a photonic crystal made of carbon nanotubes of the "zig-zag" type. The propagation of an extremely short optical pulse is stable.

Создание фотонного кристалла возможна, например, если к среде пространственно ориентированных углеродных нанотрубок приложить переменное электрическое поле, тогда пространственное изменение показателя преломления возникает благодаря эффекту Керра (явление изменения значения показателя преломления оптического материала пропорционально квадрату напряжённости приложенного электрического поля).

Важно, чтобы среда в которой распространяются импульсы, обладала нелинейными свойствами, в качестве такой среды, подходят полупроводниковые углеродные нанотрубки. Здесь нелинейность возникает из-за того, что закон дисперсии электронов, которые находятся в зоне проводимости, не параболичен, таким образом зависимость тока от приложенного электрического поля является нелинейной [1].

Одномерный предельно коротких оптический импульс, распространяется в среде ориентированных полупроводниковых углеродных нанотрубок, в направлении перпендикулярном к их оси. Ток, который возникает благодаря тому, что электроны из зоны проводимости углеродных нанотрубок взаимодействуют с

электрическим полем импульса, направлен вдоль оси нанотрубок, параллельно ему направлено и внешнее приложенное электрическое поле.

Результаты численных расчетов обнаружили, что внешнее электрическое поле, направленное вдоль оси УНТ в значительной мере влияет на форму предельно короткого оптического импульса, сглаживая ее. Заметим, что постоянное внешнее электрическое поле оказывает стабилизирующее действие и сужает импульс переменного электромагнитного поля по сравнению с случаем отсутствия постоянного поля. Это можно связать с тем фактом, что в присутствии постоянного поля в спектре электронов возникает так называемая «штарковская лестница» и электроны могут изменять свою энергию только на величину пропорциональную разнице соседних уровней энергии данной лестницы. Это приводит к уменьшению эффективной дисперсии электронов, а значит, в свою очередь, к уменьшению дисперсионного расплывания импульса переменного электрического поля [2].

Авторы выражают благодарность Министерству науки и высшего образования РФ за поддержку численного моделирования и параллельных вычислений в рамках выполнения государственного задания No 0633-2020-0003.

1. M.F. Lin, Kenneth W.-K. Shung. Phys. Rev. B52, 8423 (1995).
2. М.Б. Белоненко, Н.Г. Лебедев, О.Ю. Тузалина. Изв. РАН. Сер. физ., 73(12), 1703, (2009).

СТОЛКНОВЕНИЕ ДВУМЕРНЫХ СВЕТОВЫХ ПУЛЬ В СРЕДЕ ОРИЕНТИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Двужилов И. С.[1], Двужилова Ю. В.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет

E-mail: dvuzhilov.ilya@volsu.ru

COLLISION OF TWO-DIMENSIONAL LIGHT BULLETS IN THE MEDIUM OF ORIENTED CARBON NANOTUBES

Dvuzhilov I. S.[1], Dvuzhilova Y. V.[1]

[1)] Volgograd State University

In work, a numerical simulation of the collision of 2d light bullets in an inhomogeneous medium of carbon nanotubes with a spatially variable refractive index is carried out. It was found that impulses propagate steadily and retain their energy in a limited area of space. The collision is elastic.

Распространение двумерных световых пуль устойчиво в неоднородной среде ориентированных углеродных нанотрубок (УНТ). Существует возможность контролировать скорость распространения световых пуль, изменяя параметры неоднородной среды, в которой показатель преломления имеет пространственную модуляцию. Распространение двумерных световых пуль в такой среде в значительной степени отличается от распространения импульсов в средах с постоянным показателем преломления, это связано с тем, что неоднородная среда имеет более сложную поперечную структуру и, следовательно, возбуждаются внутренние колебательные моды пули [1, 2].

В рассматриваемой задаче были использованы следующие основные приближения. Во-первых, не учитывалось дифракционное расплывание лазерного пучка в направлении вдоль оси УНТ. Во-вторых, не учитывалось электрическое поле подложки. Отметим, что поскольку типичный размер УНТ и расстояние между ними много меньше, чем типичный размер пространственной области, в которой локализован предельно короткий импульс, можно использовать приближение сплошной среды и считать ток распределенным по объему.

Следует отметить, что с увеличением скорости, уменьшается величина пространственной локализации оптических импульсов, а также время столкновения импульсов, это приводит к тому, что импульсы сталкиваются упругим образом, хотя и с значительным изменением формы, в следствии, взаимодействия со средой ориентированных УНТ. Подобное поведение импульсов имеет достаточно простую физическую интерпретацию. С повышением скорости, уменьшается как величина пространственной локализации уединенного импульса, так и время, за которое один импульс «проходит» через другой.

Двужилов И.С. выражает благодарность Министерству науки и высшего образования Российской Федерации, Совет по Грантам Президента РФ (Грант МК-2089.2021.1.2)

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. Belonenko, M.B., Dvuzhilov, I.S., Dvuzhilova, Y.V., Boroznin, S.V., Opt. and Spectr. 126(4), 394, (2019)

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ НА ГИСТЕРЕЗИСНЫЕ СВОЙСТВА ПЛЁНОК CO-W: ЭКСПЕРИМЕНТ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Фещенко А.А.[1], Кулеш Н. А.[1], Лепаловский В.Н.[1],
Горьковенко А.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

THICKNESS-DEPENDENT HYSTERESIS PROPERTIES OF CO-W FILMS: EXPERIMENT AND COMPUTER SIMULATION

Feshchenko A.A.[1], Kulesh N.A.[1], Lepalovskij V.N.[1],
Gorkovenko A.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

Magnetic properties of Co-W films of various thicknesses including those in a “transcritical” state have been investigated experimentally and by means of computer simulation. Dependencies of major hysteresis characteristics on the film’s thickness have been obtained and interpreted

Одной из актуальных задач современного материаловедения магнитных материалов является разработка сред для высокоплотной магнитной записи информации [1]. Определённые перспективы в данной области связаны с плёнками Co, легированными 5d-переходными элементами [2]. К числу таких элементов, в частности, относится W. Ранее было показано, что в плёнках Co_xW_{100-x}, осаждённых на стеклянные подложки, в интервале концентраций $5<x<12$ реализуется «закритическое» магнитное состояние, которое свидетельствует о наличии в плёнках перпендикулярной составляющей магнитной анизотропии структурного происхождения [3]. Данная работа посвящена изучению влияния толщины плёнок на параметры «закритической» магнитной структуры, в том числе с целью конкретизации механизма перпендикулярной магнитной анизотропии.

Образцы для исследования были получены методом магнетронного сораспыления однокомпонентных мишеней Co и W. Подложками служили покровные стёкла Corning, покрытые буферным слоем Ta толщиной 5 нм. Толщина магнитного слоя L в плёнках изменялась в интервале от 2 нм до 320 нм. Содержание вольфрама во всех образцах было практически постоянным и составляло 8,7 ± 0.2 ат.%. Аттестация структурного состояния плёнок проведена на рентгеновском дифрактометре Pananalitical и просвечивающем электронном микроскопе Hitachi HT7700 TEM. Для измерений магнитных свойств использовались оригинальный автоматизированнный вибромагнитометр и Керр-магнитометр EvicoMagnetics.

Микромагнитное моделирование магнитной структуры и гистерезисных свойств выполнено в программном пакете mumax3 для поликристаллической планарной среды. Она аппроксимировалась совокупностью магнитоодноосных многогранников Воронова с характерным размером 10 нм. При этом полагалось, что ориентация осей лёгкого намагничивания варьируется вблизи нормали к плоскости плёнки по закону нормального распределения.

Установлено, что при L<40 для исследованных образцов характерно «тонкоплёночное» магнитное состояние, соответствующее планарной ориентации спонтанной намагниченности. В плёнках большей толщины возникает так называемое «закритическое» магнитное состояние, со специфическим неоднородным распределением намагниченности (страйп-структура), а петли гистерезиса приобретает характерный скошенный вид (вставка на рис.1). Найдены экспериментально и получены на основе компьютерного моделирования зависимости основных гистерезисных характеристик плёнок от толщины (рис. 1). Дан их сравнительный анализ.

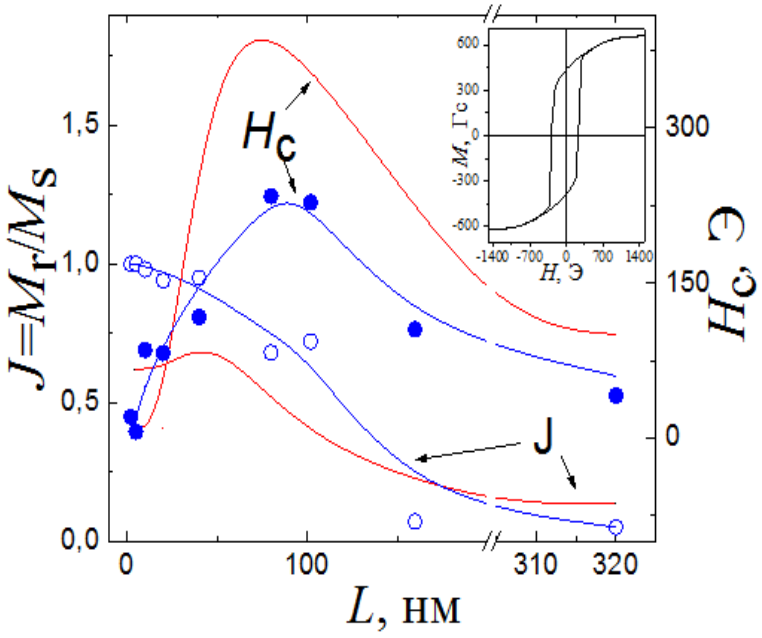


Рис. 1. Магнитооптическая петля гистерезиса плёнки толщиной 80 нм и зависимости приведённой намагниченности J и коэрцитивной силы Hc от толщины плёнок. Синий цвет – результаты эксперимента, красный цвет – рассчитанные значения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ, тема № FEUZ-2020-0051».

1. Ultra-High-Density Magnetic Recording: Storage Materials and Media Designs/ Jenny Stanford Publishing. Edit. G.Varvaro, F. Casoli. – 2016.- 51 p. ISBN 9789814669580

2. Grabco D.Z., Dikusar I.A., Petrenko V.I., Harea E.E., Micromechanical properties of Co–W alloys electrodeposited under pulse conditions, Surf. Eng. Appl. Electrochem.-2007.-V.43. -P.11–17.
3. Feshchenko A. A. et al. Effect of temperature on the hysteresis properties of Co-W films on different substrates //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2020. – Т. 2313. – №. 1. – С. 030014.

ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ ОТКЛИК КАПСУЛИРОВАННОГО ПОЛИМЕРОМ НЕМАТИКА С АКСИАЛ-БИПОЛЯРНОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ ДИРЕКТОРА

Фейзер К.А.[1], Крахалев М.Н.[1, 2], Зырянов В.Я.[1]

[1)] Институт физики им. Л.В. Киренского, Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», Красноярск, Россия.
[2)] Институт инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета, Красноярск, Россия.
E-mail: krisfeyzer@gmail.com

ELECTRO-OPTICAL RESPONSE OF POLYMER DISPERSED NEMATIC WITH AXIAL-BIPOLAR DIRECTOR CONFIGURATION

Feyzer K.A.[1], Krakhalev M.N.[1, 2], Zyryanov V. Ya.[1]

[1)] Kirensky Institute of Physics, Federal Research Center KSC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia
[2)] Institute of Engineering Physics and Radio Electronics, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

The results of the study of the electro-optical response of polymer dispersed liquid crystal films in which the polymer sets conical boundary conditions are presented. It is shown that such films have a high light transmittance T, low control electrical fields and large values of the contrast ratio

Капсулированные полимером жидкие кристаллы (КПЖК) представляют собой капли жидкого кристалла (ЖК), диспергированные в полимерную матрицу [1]. Оптические свойства таких материалов зависят от ориентационной структуры, формирующейся в каплях, которой можно управлять электрическим полем. Это позволяет, например, переключать пленки из светорассеивающего состояния в прозрачное [2]. В последнее время большинство исследовательских работ в данной области направлены на разработку композитных материалов, позволяющих уменьшить управляющие напряжения. Одним из таких перспективных материалов может быть КПЖК пленка, в которой для нематика задаются конические граничные условия [3, 4]. В этом случае в каплях формируется аксиал-би-

полярная конфигурация поля директора. В данной работе представлены результаты исследования электрооптического отклика КПЖК пленок с каплями нематика, имеющими аксиал-биполярную ориентационную структуру.

В отсутствие электрического поля биполярные оси капель во всем объеме композитной пленки направлены хаотично, в результате образцы интенсивно рассеивают падающий на них свет (рис. 1) вследствие большого градиента между показателем преломления полимера n_p и необыкновенным показателем преломления ЖК n_e. При подаче переменного напряжения биполярные оси капель выстраиваются вдоль приложенного поля, разница между показателями преломления полимера и ЖК становится минимальной и КПЖК пленка переходит в прозрачное состояние.

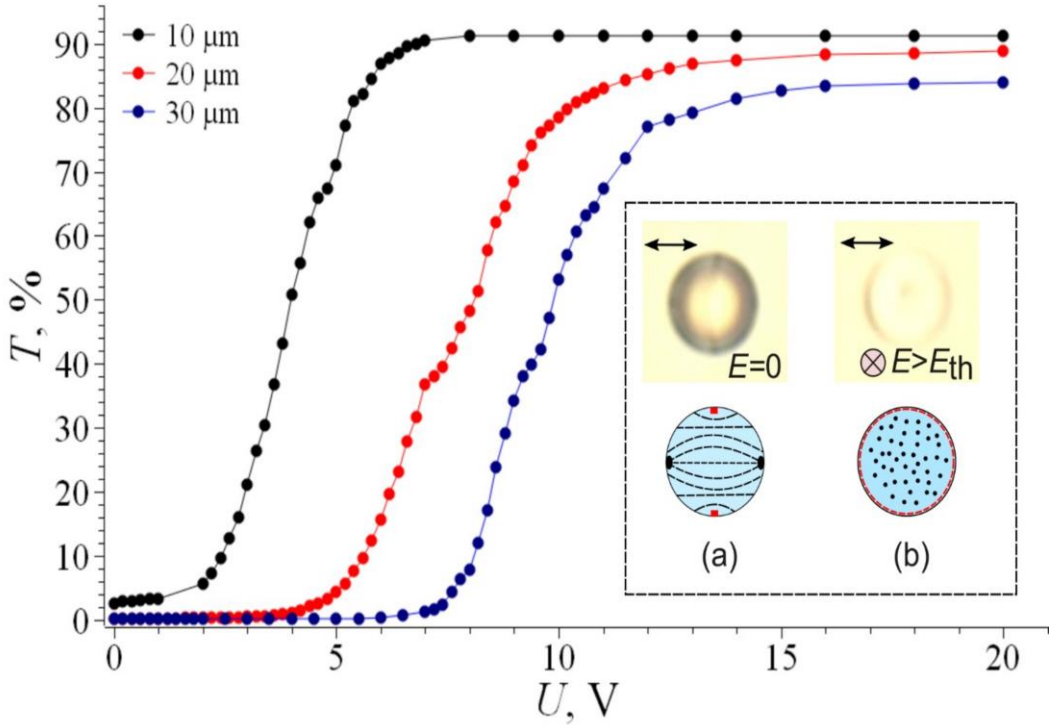


Рис. 1. Зависимость светопропускания T КПЖК пленок толщиной d = 10 мкм, 20 мкм и 30 мкм от приложенного напряжения U. На вставке показаны фотографии капли нематика с аксиал-биполярной конфигурацией директора в исходном состоянии (a) и под действием электрического поля $E>E_{th}$ (b).

Для исследуемых образцов характерны высокие значения максимального светопропускания T_{max}, достигаемого под действием поля. Увеличение толщины образца приводит к росту порогового напряжение U_{th}, при котором начинаются заметные изменения светопропускания образцов, а также напряжения насыщения U_{sat} и коэффициента контрастности CR. Напряженность порогового поля E_{th} зависит от размера капель, но этот параметр во всех образцах примерно одинаковый. Поэтому рост управляющего напряжения $U = E \bullet d$ объясняется тем, что

в образцах большей толщины необходимое значение напряженности поля E_{th} будет достигаться при больших напряжениях. Для исследуемых образцов пороговое поле $E_{th} \approx 0.26$ В/мкм. Помимо высоких значений коэффициента T_{max}, образцы имеют большие значения CR, равные 812 и 4235 для образцов пленки толщиной 20 мкм и 30 мкм.

1. Жаркова Г. М., Сонин А. С. Жидкокристаллические композиты // Наука. 1994. 214 с.
2. Drzaic P. S. Liquid crystal dispersions // World Scientific. 1995. 430 p.
3. Фейзер К. А., Крахалев М. Н., Зырянов В. Я., и др. Электрооптический жидкокристаллический элемент с низким управляющим напряжением и высоким контрастом. Патент РФ № 2736815. Бюл. № 32 от 20.11.2020.
4. Director configurations in nematic droplets with tilted surface anchoring / Krakhalev M. N., Prishchepa O. O., Sutormin V. S. [et al.] // Liquid Crystals. 2017. Vol. 44. №2. P. 355-363.

ТЕРМОИНДУЦИРОВАННАЯ ИОННАЯ ДИФФУЗИЯ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ $MgAl_2O_4$

Гаев С.С.[1], Киряков А.Н.[1], Зацепин А.Ф.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: stas.gaev.98@bk.ru

THERMOINDUSED ION DIFFUSION IN $MgAl_2O_4$ THIN FILMS

Gaev S.S.[1], Kiryakov A.N.[1], Zatsepin A.F.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Thin-film $MgAl_2O_4$ coatings with different thicknesses were deposited by magnetron sputtering on a SiO_2 substrate. The obtained samples were certified by XRD, optical spectroscopy and Raman spectroscopy. As a result of the stepwise annealing of thin-film coatings, their thickness decrease

Тонкопленочные покрытия активно используются в таких приборах как антиотражающие покрытия, оптические фильтры, устройства на поверхностных акустических волнах, электронные компоненты (как дискретные, так и интегрированные) и т.д. [1]. Изучение физических свойств таких покрытий (адгезия, межграничная диффузия и т.п.) является важной и актуальной задачей. В связи с этим цель работы заключается в исследовании влияния термоиндуцированной ионной диффузии на оптические свойства тонких пленок $MgAl_2O_4$ шпинели.

Пленки, синтезированные на подложке из SiO_2 прозрачны в видимом и ИК спектральном диапазонах. При $\lambda < 500$ nm наблюдается снижение оптической

прозрачности. Интенсивное поглощение в УФ диапазоне обеспечивается примесными ионами железа. Концентрация железа в исследуемых пленах составляет до 10 вес.%. Высокое содержание железа обусловлено используемой в настоящей работе методике нанесения тонкопленочных покрытий методом магнетронного распыления. Спектры оптического поглощения тонких пленок шпинели были получены с помощью спектрофотометра Lambda 35.

В ходе данной работы тонкие пленки шпинели отжигались от 50 °C до 800 °C с шагом 50 °C. На каждом этапе отжига выполнялся анализ оптического поглощения образца.

Анализ изменения характерной для прозрачных тонкопленочных покрытий интерференционной картины позволил установить, что при температуре 400 оС (рисунок 1, Stage I) начинаются изменения, обусловленные уменьшением толщины нанесенного слоя. На рисунке 1 представлена зависимость положения интерференционного максимума от температуры отжига. Смещение максимума в область больших длин волн однозначно характеризует такой процесс как уменьшение толщины пленки.

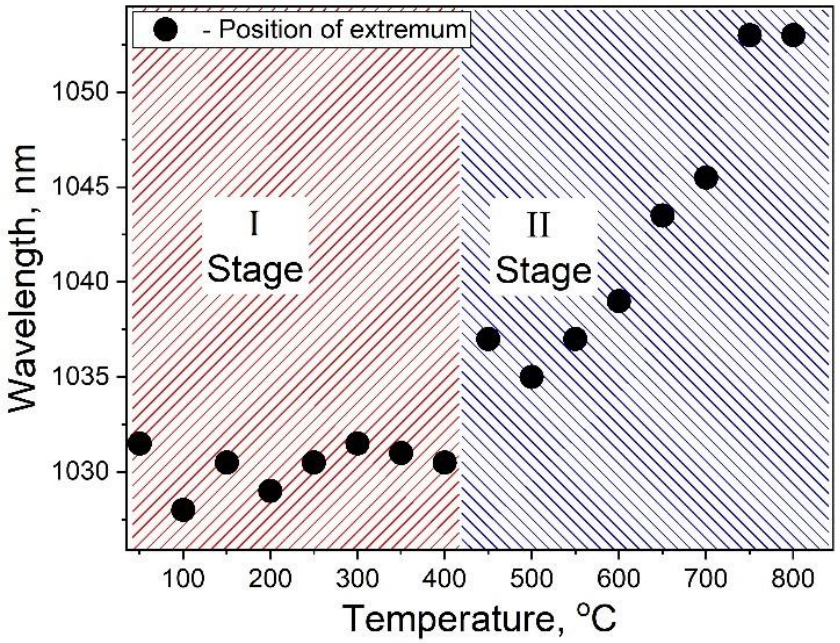


Рис. 1. Кривая зависимости максимальной длины волны от температуры

Поскольку в данном случае речь идет о фазе шпинели, то мы не берем во внимание изменения коэффициента преломления (так как рассматривается одна и та же пленка). Физически, уменьшение толщины пленки обусловлено диффузионной активностью катионов Al и Mg (как наиболее легких, по сравнению с Si). В результате катионной миграции происходит растворение ионов, формирующих матрицу шпинели в подложке из SiO_2 с возможным формированием промежуточного слоя, включающего в себя катионы Al, Mg, Si. Активной ионной подвижности в матрице шпинели также может способствовать формированием анти-сайт

дефектов. При температурах вблизи 500 °C происходит расширение октаэдрических структур (AlO_6), что приводит к формированию анти-сайт дефектов в результате повышенной вероятности вхождения в октаэдрические узлы больших, по сравнению с ионным радиусом алюминия, катионов, таких как Mg или Si [2].

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20-42-660012.

1. Delbos S. EPJ Photovoltaics. 3. 35004 (2012).
2. Méducin F. American Mineralogist. 89. 981-986 (2004).

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ И МИНИМИЗАЦИИ ВКЛАДА «ПРОГИБА» КАНТИЛЕВЕРА В ВЕРТИКАЛЬНЫЙ СМПО-СИГНАЛ

Гимадеева Л.В.[1], Аликин Д.О.[1], Анкудинов А.В.[2], Hu Q.[3], Холкин А.Л.[1], Шур В.Я.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия
[2)] Физико-технический институт имени А. Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия
[3)] Xi'an Jiaotong University, Xi'an, China

E-mail: Lv.gimadeeva@urfu.ru

IN-PLANE POLARIZATION CONTRIBUTION TO THE VERTICAL PIEZORESPONSE FORCE MICROSCOPY SIGNAL MEDIATED BY THE CANTILEVER "BUCKLING"

Gimadeeva L. V.[1], Alikin D.O.[1], Ankudinov A.V.[2], Hu Q.[3], Kholkin A.L.[1], Shur V.Ya.[1]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Ioffe Institute, Saint Petersburg, Russia
[3)] Xi'an Jiaotong University, Xi'an, China

Rigorous experimental/theoretical approach to measure and minimize the in-plane piezoresponse contribution to the vertical piezoresponse force microscopy signal is introduced. The laser beam focus position on the cantilever allowing suppressing the "buckling" contribution is revealed.

В настоящее время для визуализации доменной структуры и количественной оценки пьезоэлектрического отклика широко применяется метод силовой микроскопии пьезоэлектрического отклика (СМПО) [1]. Вертикальный СМПО-сигнал содержит вклады от смещения поверхности как вне плоскости, так и «в плоскости», которое приводит к изгибу и «прогибу» кантилевера, соответственно. Изгиб и прогиб представляют собой две различные моды колебаний кантилевера, которые не способна различать система регистрации атомно-силового микроскопа, что приводит к неверной интерпретации СМПО изображений.

В данной работе, показано, что при стандартном положении пятна лазера вблизи свободного конца кантилевера чувствительность к пьезоэлектрическому отклику “в плоскости” сопоставима с чувствительностью к вертикальному отклику. Таким образом, во многих зернах и доменах пьезоэлектрический отклик содержит две компоненты. Разработан точный математический подход, позволяющий разделять два этих вклада при помощи анализа СМПО-изображений, полученных для ориентаций образца 0° и 180° относительно оси кантилевера. Также предложен экспериментальный подход, позволяющий значительно уменьшить чувствительность системы регистрации к «прогибу» и, таким образом, измерять вертикальный сигнал без дополнительного вклада от «прогиба» кантилевера. Показано, что контраст СМПО-изображений одной и той же области на поверхности керамики титаната бария зависит от положения лазерного пятна на кантилевере: происходит инверсия фазы в некоторых из доменов. Для объяснения данного эффекта была измерена зависимость чувствительности кантилевера от положения лазерного пятна на кантилевере. Показано, что в точке вблизи центра кантилевера, чувствительность к «прогибу» стремится к нулю, что позволяет измерить сигнал без вклада от смещения «в плоскости». Зависимость фазы пьезоэлектрического отклика от положения лазера на кантилевере хорошо аппроксимировалась предложенной теоретической зависимостью.

Разработанный подход может быть использован для точного восстановления вектора пьезоэлектрического смещения, что имеет первостепенное значение для восстановления доменных структур и количественной характеристики распределения поляризации и локальных пьезоэлектрических свойств в сегнетоэлектрических материалах.

Работа выполнена с использованием оборудования УЦКП «Современные нанотехнологии» УрФУ, при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 19-72-10076).

1. E Soergel. J. Phys. D. Appl. Phys. 44, 464003 (2011).
2. D.O. Alikin, L.V. Gimadeeva et al., Appl. Surf. Sc. 543, 148808 (2021).

АНОМАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ КРИВЫХ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ЗАТУХАНИЯ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КЕРАМИК Al_2O_3-BeO

Горинский П.А.[1], Никифоров С.В.[1], Герасимов М.Ф.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: gorinskii37@gmail.com

ANOMALOUS ISOTHERMAL DECAY CURVES OF THERMOLUMINESCENCE IN Al_2O_3-BeO CERAMIC

Gorinsky.P.A.[1], Nikiforov S.V.[1], Gerasimov M.F.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Anomalous isothermal decay curves of TL in Al_2O_3-BeO ceramics in the temperature range of 523-623 K, consisting in a decrease in the decay rate with temperature, is revealed. A TL model is proposed that takes into account the energy distribution of traps.

Композитные керамики Al_2O_3-BeO являются перспективными материалами для люминесцентной дозиметрии высокодозных излучений [1]. Одним из важнейших параметров термолюминесцентных (ТЛ) детекторов является фединг, поскольку он определяет потери дозиметрической информации при их хранении. Поэтому изучение механизмов фединга играет большую роль при разработке и оптимизации использования ТЛ детекторов. Одним из способов исследования потерь дозиметрической информации является анализ кривых изотермического затухания ТЛ при повышенных температурах. Данные кривые для керамик Al_2O_3-BeO ранее не исследовались.

Целью настоящей работы являлось измерение кривых изотермического затухания ТЛ и построение кинетической модели, описывающей экспериментальные результаты.

Исследуемые образцы представляли собой таблетки толщиной 1 мм и диаметром 5 мм, полученные путем холодного одноосного прессования нанопорошка α-Al_2O_3 с размером частиц 75–200 нм. Компакты отжигались в тиглях из BeO в электровакуумной печи при T = 1400 ^{0}C в течение 4 часов. Образцы облучались с помощью ускорителя «РАДАН ЭКСПЕРТ» с энергией электронов 130 кэВ. ТЛ измерялась в режиме изотермической выдержки с помощью ФЭУ-142 с максимумом спектральной чувствительности 112–400 нм.

Кривая ТЛ исследуемых керамик содержит дозиметрический пик при 520 К. Кривые изотермического затухания ТЛ диапазоне 523-623 К на спадающем участке пика представлены на рисунке 1. Видно, что при росте температуры изотермической выдержки уменьшается скорость затухания, что противоречит классической модели ТЛ. Следует отметить, что в диапазоне температур 473-523 К аномальное поведение кривых не наблюдалось.

Методом Tm-Tstop [2] установлено, что при T = 523-623 К наблюдается рост Tm при увеличении Tstop. Данный результат свидетельствует о существовании энергетического распределения ловушек, ответственных за спадающую часть дозиметрического пика. Указанный вывод подтверждается результатами исследования ТЛ методом начального подъема.

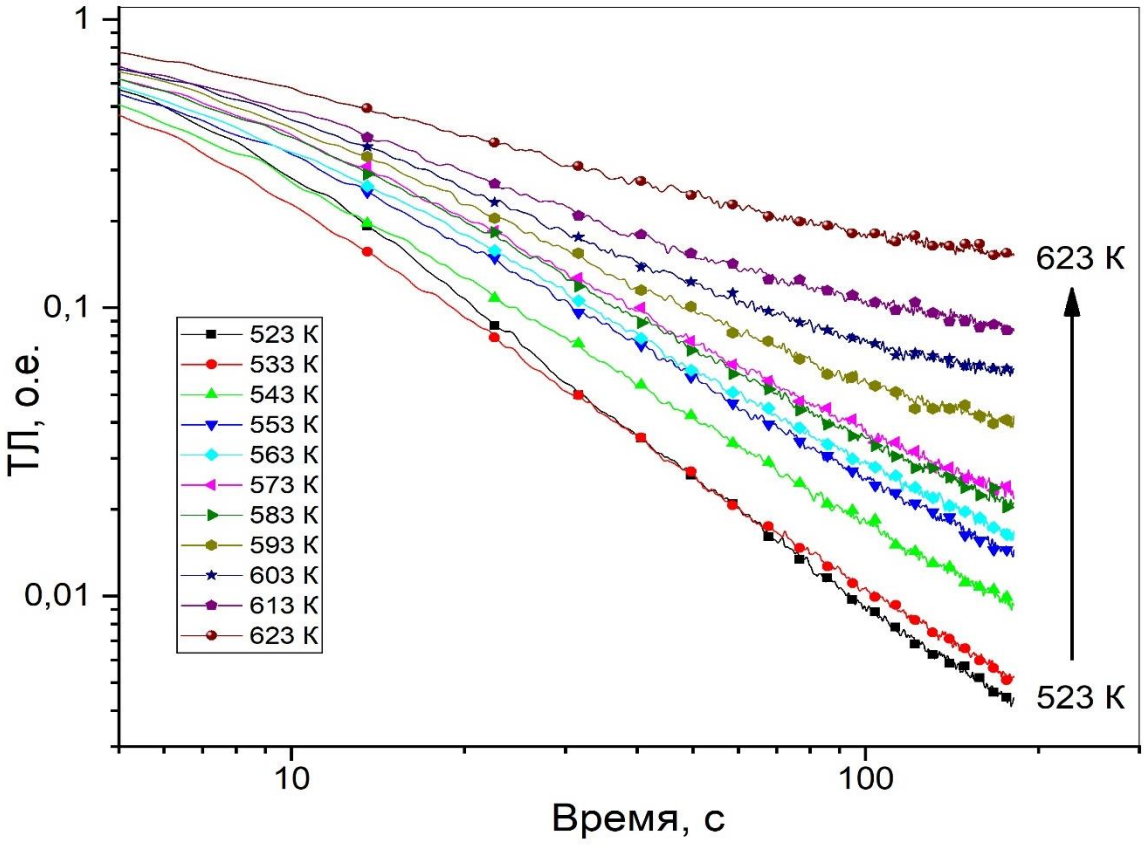


Рис. 1. Кривые изотермического затухания ТЛ керамик в диапазоне температур 523-623 К.

В работе обсуждается кинетическая модель аномального поведения кривых изотермического затухания ТЛ в Al_2O_3-BeO, основанная на различной скорости опустошения ловушек дозиметрического пика, имеющих разную энергетическую глубину и вносящих различный вклад в суммарную ТЛ.

1. S.V. Nikiforov, I.G. Avdyushin, D.V. Ananchenko, A.N. Kiryakov and A.F. Nikiforov, Applied Radiation and Isotopes, 141, 15-20 (2018).
2. K. Van den Eeckhout, A. J. Bos, D. Poelman and P. F. Smet, Phys. Rev. B, 87, 045126 (2013).

ВТОРАЯ ГАРМОНИКА В СПЕКТРЕ РАССЕЯНИЯ УЛЬТРАКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ НА НАНОСТРУКТУРАХ

Гошев А.А.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

E-mail: agoshev@hotmail.com

SECOND HARMONIC IN THE SCATTERING SPECTRUM OF ULTRA-SHORT PULSES ON NANOSTRUCTURES

Goshev A.A.[1]

[1)] Northern Arctic Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

Calculation and analysis of scattering spectra of ultra short pulses on nanoobjects such as carbon nanotube, graphene sheet are presented.

Рентгеноструктурный дифракционный анализ вещества (XRD), а также рентгеновская кристаллография (XRC) это мощнейшие методы определения структуры вещества [1-3]. Этими методами были открыты большинство структур кристаллов и многих молекул. Они лежат в основе многих современных открытий в области физии, химии, биологии, медицины и кристаллографии, e.g. [2, 4].

В данной работе приводятся теоретические рассчёты спектров рассеяния УКИ. Показано, что учёт магнитной составляющей УКИ может давать дополнительную информацию об изучаемом объекте. Установлено, что учёт магнитной составляющей падающего импульса приводит к появлению второй гармоники в спектре рассеяния.

В совокупности используя рассеяние УКИ на основной и второй гармонике можно получить более детальную дифракционную об изучаемом объекте. В качестве примеров рассмотрены такие объекты как графен, углеродная нанотрубка. Из представленных графиков (Рис. 1) видно, что магнитная составляющая УКИ приводящая к появлению второй гармонике также даёт заметную дифракционную картину. Эта картина имеет даже больше дифракционных максимумов чем на первой гармонике.

Таким образом представленный здесь метод является чувствительным к геометрии структуры нанообъектов и вскоре вполне может дополнить рентгеноструктурный анализ.

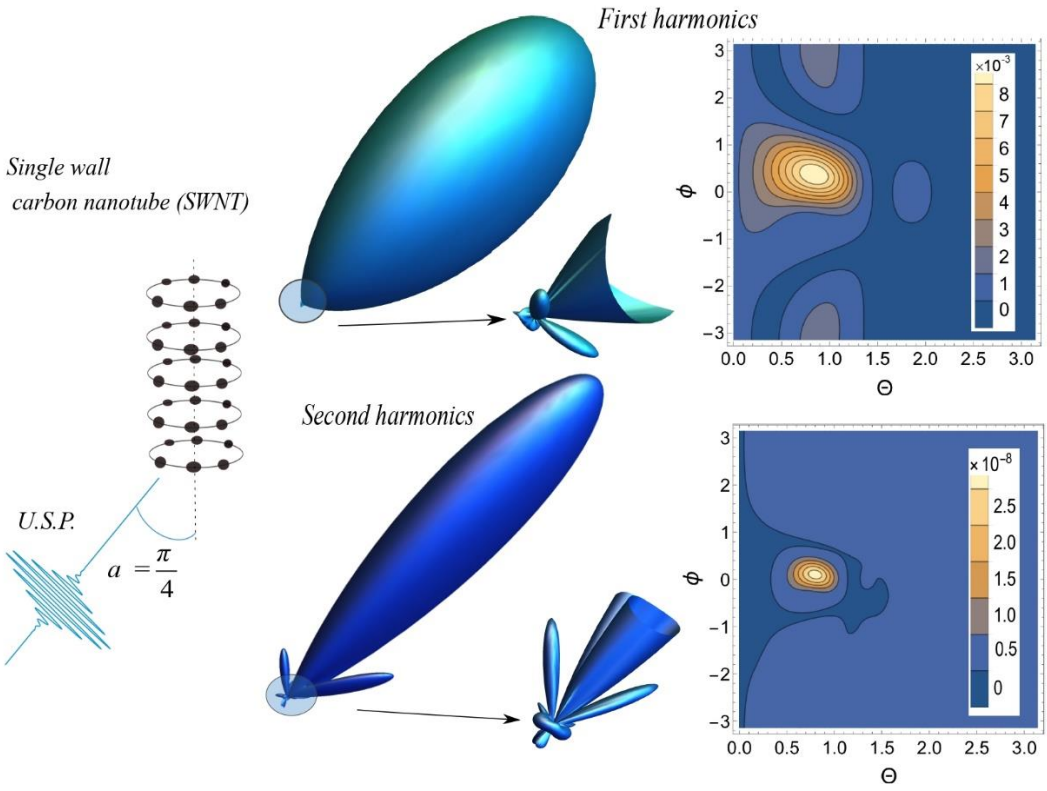


Рис. 1. 3D диаграмма направленности спектров рассеяния и контурный график для спектров, где Q и ф - это углы с сферической системе координат, т.е. полярный и азимутальные углы соответственно. Вставки в контурные графики — это более контрастный контурный график по сравнению с основным вариантом.

1. Suryanarayana, C.; Norton, M. Grant Spr.r Sci. & Busi. Media. 06- 29(2013).
2. Jones N . Nature. 505 (7485): 602–3 (2014).
3. Federico Canova Luca Poletto, Spr.-Verlag Berlin Heidelberg (2015) .
4. Deisenhofer J, Epp O, Miki K, Huber R, Michel H. J.Molecular Biology. 180(2) 385–98 (1984).

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ИСХОДНУЮ ДОМЕННУЮ СТРУКТУРУ В ТАНТАЛАТЕ ЛИТИЯ С ГРАДИЕНТОМ СОСТАВА

Грешняков Е.Д.[1], Пряхина В.И.[1], Лисьих Б.И.[1],
Небогатиков М.С.[1], Шур В.Я.[1]

[1)] Институт Естественных Наук и Математики, Уральский Федеральный Университет, 620000, Екатеринбург, Россия

E-mail: evgeny.greshnyakov@urfu.ru

INFLUENCE OF ELECTRIC FIELD ON INITIAL DOMAIN STRUCTURE IN LITHIUM TANTALATE WITH COMPOSITIONAL GRADIENT

Greshnyakov E.D.[1], Pryakhina V.I.[1], Lisjikh B.I.[1], Nebogatikov M.S.[1], Shur V.Ya.[1]

[1)] School of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University, 620000, Ekaterinburg, Russia

The AC electric field has been applied to lithium tantalate with compositional gradient produced by vapor transport equilibration (VTE) procedure. Decay of the initial domain structure accompanied by charged domain walls formation has been revealed.

Выращенные методом Чохральского кристаллы танталата лития ($LiTaO_3$, LT) обладают сильным отклонением от стехиометрического состава (Δc_{Li}), заключающемся в дефиците Li. Многие физические свойства, в том числе температура Кюри (T_C) и пороговое поля переключения поляризации, существенно зависят от Δc_{Li} [1,2].

Для получения стехиометрического LT применяется процедура VTE – длительный высокотемпературный отжиг в насыщенной Li атмосфере [3]. Уменьшение времени отжига приводит к пространственно-неоднородному распределению состава с увеличением Δc_{Li} от поверхностей к центру пластины. Градиент состава в пластинах LT может рассматриваться как эффективное встроенное внутреннее поле [4]. Так как VTE процедура в LT происходит выше T_C, то при охлаждении формируется исходная доменная структура (ИДС), определяемая внутренним полем, зависящим от распределения Δc_{Li}.

Исходными образцами были пластины LT конгруэнтного состава (c_{Li} = 48.6 мол.%), вырезанные перпендикулярно полярной оси (Z). Для создания неоднородного распределения Δc_{Li} пластины отжигались в насыщенной Li атмосфере при температуре 1100 °C. Изменение продолжительности отжига позволило получить серию образцов с различным распределением Δc_{Li} вдоль Z оси, которое измерялось с помощью конфокального микроскопа комбинационного рассеяния света Alpha 300 AR (Witec, Германия) [5].

Приложение внешнего переменного электрического поля (AC) проводилось при 350 °C с использованием термоячейки THMS600 (Linkam, Великобритания), контролера температуры CI94 (Linkam, Великобритания), генератора сигналов

AFG1022 (Tektonix, США) и усилителя напряжения Trek 667B (Trek, США). Прикладывались треугольные биполярные импульсы с амплитудой 3 кВ/мм и частотой 10 Гц.

Для неразрушающей визуализации в объеме использовалась микроскопия генерации второй гармоники, реализованная на базе Ntegra Spectra (NT-MDT, Россия). Визуализация ДС на поверхности образцов после селективного химического травления с использованием HF осуществлялась при помощи оптической (BX-61, Olympus, Япония) и сканирующей электронной микроскопии (Merlin, Carl Zeiss, Германия).

ИДС, возникшая после VTE процедуры, состояла из монодоменных слоёв с противоположным направлением спонтанной поляризации вблизи полярных поверхностей и лабиринтовой полидоменной структуры (ПДС) в центре пластины различной толщины, зависящей от времени VTE процедуры. Приложение АС к образу LT с 240 мкм ПДС приводило к уменьшению его толщины и концентрации доменных стенок. При достаточной длительности приложения АС ПДС трансформировался в поперечную заряженную доменную стенку хвост-к-хвосту и росли большие конические домены от полярных поверхностей. При приложении АС к образцу LT с 40 мкм ПДС происходил распад ИДС с формированием больших сквозных доменов со стенками с малым отклонением от оси Z. Полученные доменные структуры можно контролировать за счет параметров VTE процедуры и приложения АС.

Работа выполнена с использованием оборудования УЦКП «Современные нанотехнологии» ИЕНиМ УрФУ. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 19-32-90050.

1. Tian L. , Gopalan V., Galambos L., Appl. Phys. Lett., 85, 4445 (2004)
2. Katz M., Route R.K., Hum D.S., Parameswaran K.R., Miller G.D., and Fejer M.M., Opt. Lett., 29, 1775 (2004)
3. Hum D.S., Route R.K., Miller G.D., Kondilenko V., Alexandrovski A., Huang J., Urbanek K., Byer R.L., and Fejer M.M., J. Appl. Phys., 101, 093108 (2007)
4. Pryakhina V.I., Greshnyakov E.D., Lisjikh B.I., Akhmatkhanov A.R., Alikin D.O., Shur V.Ya. and Bartasyte A., Ferroelectrics, 525, 47 (2018)
5. Pryakhina V.I., Greshnyakov E.D., Lisjikh B.I., Nebogatikov M.S., Shur V.Ya., Ferroelectrics 542, 13 (2019)

ФАЗОВАЯ И ГРУППОВАЯ СКОРОСТИ ПОЛЯРИТОНОВ В КРИСТАЛЛАХ ВБЛИЗИ ФОНОННОГО РЕЗОНАНСА

Григорян А. А.[1], Яцышен В. В.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет

E-mail: arp1negrigoryan@yandex.ru

PHASE AND GROUP VELOCITIES OF POLARITONS IN THE CRYSTALS NEAR PHONON RESONANCE

Grigoryan A. A.[1], Yatsishen V. V.[1]

[1)] Volgograd State University

Annotation. The report analyzes the behavior of the phase and group velocities of bulk polaritons in the crystals near phonon resonance. Analytical expressions for these velocities are obtained and their numerical calculation is performed in a wide range of radiation frequency variation.

Для распространения поверхностных поляритонов (ПП) на поверхности материала требуется отрицательная диэлектрическая проницаемость, которая может быть результатом коллективных колебаний электронов проводимости, плазмон-поляритонов или колебаний решетки в полярных кристаллах фононных поляритонов. Для ПП электрическое поле сильно связано с колебаниями решетки и ограничивается распространением по поверхности, при этом плотность электромагнитной энергии быстро спадает с удалением от поверхности. Для проведения численного расчёта была использована программа MATLAB. Проведен совместный анализ обеих дисперсионных кривых: для поверхностных поляритонов и для объёмных поляритонов. На оси абсцисс откладывали безразмерную частоту . На графиках изображены синим цветом $n_{||}$ для поверхностного поляритона и красным цветом для объемного поляритона.

Используемая структура: фторид лития, диоксид кремния. Входные данные программы: ustart=0.47; uend=5.03; N=1000; du=(uend-ustart)/N; ε_1=1.92; ε_0=1.92; для кристалла LiF u_L=2.197299; u_S=1.8754; для кристалла SiO2-1 u_L=1.555973; u_S=1.389617.

Из рисунка 1 видно, что поверхностный поляритон для данного кристалла существует в области частот 1<u<1.8754. Для объемного поляритона запрещенная зона имеет границы 1<u<2.197299.

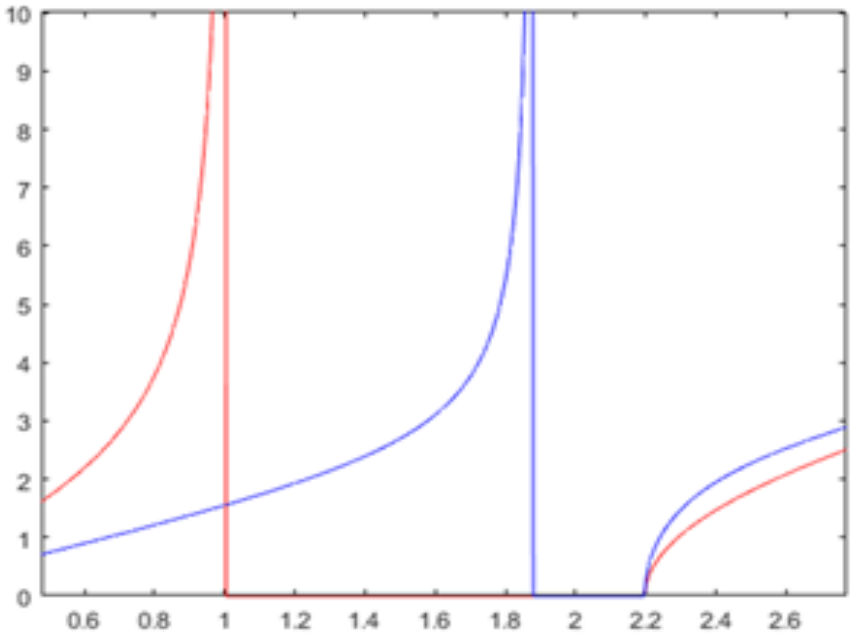


Рис. 1. Дисперсионные кривые для LiF

1. G. Borstel and H. Falge, in Electromagnetic Surface Modes, edited by A. D. Boardman Wiley, Chichester, (1982), p. 221.
2. H. Räther, Surface Plasmons _Springer, Berlin, (1988).
3. L. Novotny and B. Hecht, Principles of Nano Optics Cambridge Universtiy Press, Cambridge, (2006).

НЕЛИНЕЙНЫЙ ЧАСТОТНО-ЗАВИСЫМЫЙ СВЕТОДЕЛИТЕЛЬ В ВИДЕ СВЯЗАННЫХ ВОЛНОВОДОВ

Макаров Д. Н.[1], Гусаревич Е. С.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

E-mail: gusarevich@gmail.com

NONLINEAR FREQUENCY DEPENDENT LIGHT BEAM SPLITTER IN THE FORM OF COUPLED WAVEGUIDES

Makarov D. N.[1], Gusarevich E. S.[1]

[1)] Northern Arctic Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

It is well known that HOM effect can be realized not only on a linear beam splitter (BS), but also on a nonlinear one. In the case of a linear BS, the frequency-dependent matrix is known, in contrast to the nonlinear one. In this work, a matrix of a frequency-dependent nonlinear BS is found.

Известно, что светоделитель в виде связанных волноводов (ССВ) является одним из основных устройств, используемых в квантовой оптике и квантовых технологиях (см. [1, 2] и ссылки в них). Недавно в работах [1,2], была найдена матрица светоделителя, в которой определены коэффициенты отражения R и прохождения T фотонов. Хорошо известно, что двухфотонная квантовая интерференция (эффект Хонга-У-Мандела) может быть реализован не только на линейном светоделителе, но и на нелинейном [3]. В этом случае необходимо найти матрицу нелинейного светоделителя, что и было сделано в этой работе.

Рассмотрим два связанных волновода, по которым распространяются фотоны с частотами ω_1 и ω_2. Как показано в [1, 2], динамика фотонов в ССВ может быть описана следующим гамильтонианом:

$$H = \sum_{n=1}^{2} \left[\sqrt{A_n}/2 \{P_n^2+y_n^2 \} \right], \quad (1)$$

где $y_n=C_n^{1/4} (q_n \omega_n^{-1/2} \cos(\alpha)+(-1)^n q_k \omega_k^{-1/2} \sin(\alpha))$, $P_n=-i \partial/(\partial y_n)$, n,k=1,2 (n≠k), а C_n и α – параметры, зависящие от частот и поляризаций фотонов, а также от числа электронов, взаимодействующих с фотонами в ССВ [1, 2].

Обозначим за $a_n^+=1/\sqrt{2}(q_n-\partial/(\partial q_n))$ и $a_n=1/\sqrt{2}(q_n+\partial/(\partial q_n))$ – операторы рождения и уничтожения фотонов на входе в ССВ, а за b_n^+ и b_n – те же операторы, но на выходе из ССВ. Эти операторы связаны соотношением

$$b_n=e^{iHt} a_n e^{-iHt}, \quad (2)$$

что приводит в линейном светоделителе к зависимости операторов b_1, b_2 только от a_1, a_2. Однако в нашем случае, подставляя (1) в (2), получим:

$$B = M A, \quad (3)$$

где введены матрицы A = (a_1 a_2 a_1^+ a_2^+), B = (b_1 b_2 b_1^+ b_2^+), M - матрица 4x4 с коэффициентами, зависящими от ω_1, ω_2, C_1, C_2, α и t.

Как видно из (3), в нашем случае операторы b_1, b_2 выражаются не только через a_1, a_2, но и через операторы a_1^+, a_2^+.

Работа поддержана Российским Научным Фондом, № 20-72-10151.

1. D. N. Makarov, Scientific Reports 10 (1), 20124 (2020).
2. D. N. Makarov, Optics Letters 45 (22), 6322–6325 (2020).
3. T. Kobayashi, R. Ikuta, S. Yasui, S. Miki, T. Yamashita, H. Terai, T. Yamamoto, M. Koashi and N. Imoto, Nature Photonics 10 (7), 441-444 (2016).

FERROELECTRIC AND DIELECTRIC PROPERTIES OF STRONTIUM TITANATE DOPED WITH BARIUM

Henaish A.M.A.[1, 2], Mostafa M.[1], Weinstein I.A.[2, 3], Ilyashenko I.N.[2], Hemeda O.M.[1], Salem B.I.[1]

[1)] Physics Department, Faculty of Science, Tanta University, Tanta 31527, Egypt.
[2)] NANOTECH Center, Ural Federal University, Ekaterinburg, 620002, Russia
[3)] Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg 620016, Russia.
E-mail: a.henaish@urfu.ru

The present work aimed to synthesized ferroelectric (perovskite) material. Structural, morphological, electrical and Polarization-Electric field hysteresis loops were investigated.

Barium Strontium Titanate (BST) is the most popular ferroelectric oxide in the perovskite ABO3 structure. Insulating BST is quite used such as dielectrics in capacitors due to its high dielectric constant. This work is focused on the synthesis of $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ through the tartrate precursor method and a comparative study of its structural, morphological and electrical properties.

Ferroelectric samples $Sr_{1-x}Ba_xTiO_3$ where (x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 and 1) were prepared using tartrate precursor method and annealed at 1200°C for 2hrs. The phase structure was confirmed by XRD pattern. The images of TEM show that the crystallites are agglomerated due to its nanosize nature. The AC resistivity and dielectric properties were studied as a function of temperature at two frequencies of 1KHZ and 10KHZ. The maximum value of dielectric constant corresponds to Curie temperature, the transition from ferroelectric to paraelectric state at 1KHZ is sharper than at 10KHZ and the value of dielectric constant at 1KHZ is larger than one at 10KHZ. Polarization-Electric field hysteresis loops for BST samples under study were recorded using Sawer-Tawer

modified circuit. It was noticed that the polarization decreases with increasing temperature for all samples.

W.I.A. and I.I.N. thank Minobrnauki research project FEUZ-2020-0059 for financial support

1. V.R. Mudinepalli, L. Feng, Wen-Chin Lin, B.S. Murty, J. Advanced Ceramics, 4(1) (2015) 46-53.
2. L. Jin, W. Luo, L. Hou, Y. Tian, Q. Hu, L. Wang, L. Zhang, X. Lu, H. Du, X. Wei, Y. Yan, G. Liu, Journal of the European Ceramic Society, 39 (2019) 295-304.

SIGNIFICAN ENHANCEMENT OF OPTICAL PROPERTIES THROUGH METHYLCELLULOSE (MC) / GADOLINIUM OXIDE COMPOSITES

Henaish Ahmed[1, 2], Zakaly H[1, 3], O.M. Hemeda[2], Mostafa M Y A[1]

[1)] Ural Federal University, Physics and Technology Institute, 620078, Ekaterinburg, Russia
[2)] Physics Department, Faculty of Science, Tanta University, Tanta 31527, Egypt.
[3)] Faculty of Science, Al-Azhar University, Assuit Branch, Assuit 71524, Egypt
[4)] Department of Physics, Faculty of Science, Minia University, 61519, El-Minia, Egypt
E-mail: ahmed.henaish@science.tanta.edu.eg

In the present work, Methylcellulose (MC) with Gd_2O_3 composite films were prepared to study the optical properties. and investigate the effect of adding Gd_2O_3 nanoparticles with MC in linear optical investigation.

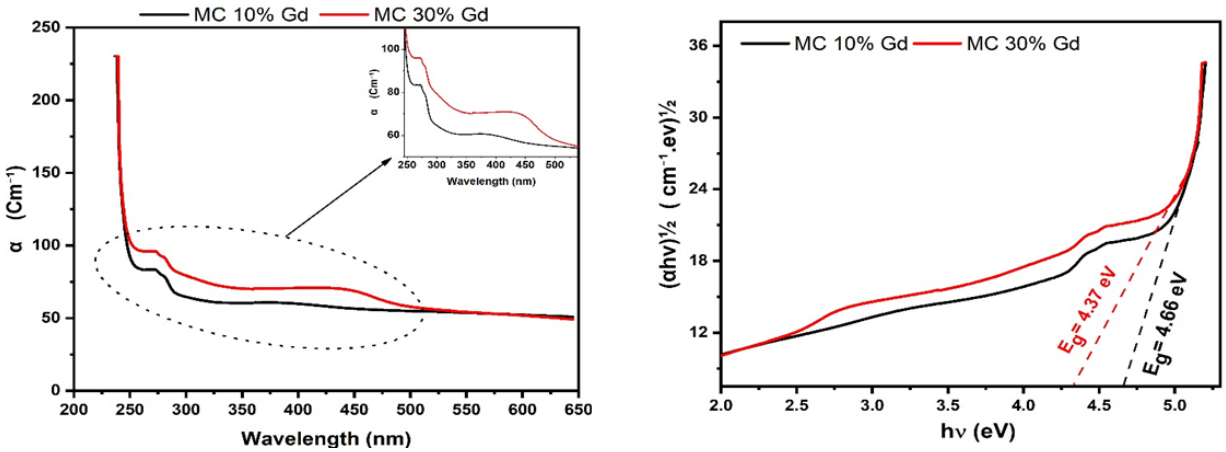


Fig. 1. (a) Variation of the optical absorption coefficient with wavelength and (b) Tauc plot for calculating indirect energy gab for Methyl cellulose, with 10 wt % and 30 wt % of Gd^{+3}.

Methylcellulose (MC) is considered one of the most important modified polymers from cellulose ethers and has many industrial applications. Rare earth oxides materials

such as Gadolinium Oxide (Gd_2O_3) have been investigated extensively for their potential applications in luminescent devices, fluorescent labels, medical diagnostics, and catalysts due to their significant characteristic properties such as chemical durability, thermal stability, large band gap, electronic, high refractive index, high dielectric constant and chemical properties arising from their 4f sub-shell electrons. In the present work, MC with Gd_2O_3 composite films were prepared via solution casting method for optical properties investigation. Two different ratios of Gd_2O_3 nanoparticles with MC are prepared (10 and 30 wt%). The UV–Vis absorbance spectra of MC with Gd_2O_3 composite films have been investigated to study and characterize the alteration in the bandgap structure due to optically induced electronic transitions. Investigations were carried out at room temperature with Shimadzu UV-2450 spectrophotometer in the range of (190-900 nm). As shown in Figure 1, the effect of Gd_2O_3 doping with MC is clear on enhancement and increase of optical coefficient (α, cm-1) value at the wavelength range 250-500 nm by adding (Gd2O3) to polymer matrix. Also, at 10% doping wight ratio the energy gab Eg=4.66 eV decreased to Eg=4.37 eV at 30% doping ratio.

W.I.A. and I.I.N. thank Department, Faculty of Science, Tanta University, for financial support

1. Y.A. Alibwaini, O.M. Hemeda, R. El-Shater, T. Sharshar, A.H. Ashour, Abdul-Wali Ajlouni, E.A. Arrasheed, Henaish A.M.A, J. Optical Materials, 111 (2021) 110600.
2. Henaish A.M.A, Ali M. M., El Refaay D. E., Weinstein I. A., Hemeda O. M, Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials, (2020) In press.

STABILIZATION ENERGIES OF THE JAHN-TELLER COMPLEXES IN $CaF_2:Cr^{2+}$ CRYSTAL

Sarychev M.N[1], Hosseny W.A.L.[1, 2], Ulanov V. A.[3, 4], Shakurov G.S[3], Egranov A. V.[5], Surikov V.T.[6], Zhevstovskikh I.V[1, 7], Averkiev N.S.[8], 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)] A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry, Sibirian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia
[6)] Institute of Solid State Chemistry, Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russia
[7)] M. N. Miheev Institute of Metal Physics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia
[8)] A. F. Ioffe Physical Technical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

E-mail: wessam.hosseny@fsc.bu.edu.eg

In CaF_2 crystal doped with Cr^{2+} ions, attenuation of all the normal ultrasonic modes with the wave vector k < 110 > were investigated at 26 -158 MHz in the temperature region of 4 - 170 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 propagating along the [110] crystallographic axis in calcium fluorite crystal doped with chromium ions with the dopant concentration $4.74 * 10^{19}$ 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 26 - 158 MHz in the temperature range of 4 – 170 K, and calculation of isothermal contribution indicated $T \otimes (e+t_2)$ 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 τ with account of three mechanisms of relaxation: thermal activation $\tau_a^{-1} = v_0 \exp(-V_0 / k_B * T)$, tunnelling through the potential energy barrier $\tau_t^{-1} \propto T$, and two-phonon mechanism similar to Raman scattering $T_R^{-1} \propto T^3$. The Jahn-Teller stabilization energies those define 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).

CALCULATIONAL TECHNIQUE FOR CARRYING OUT PHASE CLASSIFICATION IN MAGNETIC MATERIALS

I. A. Iakovlev[1], A. A. Bagrov[2], A. A. Iliasov[3], M. I. Katsnelson[1, 3], V. V. Mazurenko[1]

[1)] Theoretical Physics and Applied Mathematics Department, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Department of Physics and Astronomy, Uppsala University, Uppsala, Sweden
[3)] Institute for Molecules and Materials, Radboud University, Nijmegen, The Netherlands
E-mail: iakovlev.ilia@mail.ru

We propose a transparent and universal machine method for defining phase transitions in magnetic materials based on the estimated structural (effective) complexity of data that can be applied for the analysis of equilibrium systems as well as dynamical processes.

The construction of phase diagrams of various systems is an important and complicated problem. Even if the order parameter is known, it can be computationally expensive to determine the transition lines in the parameter space using conventional techniques. The situation becomes much trickier if the order parameter is unknown, or if the transition is of unconventional nature (e.g. topological phase transitions). To solve this problem, we proposed a new quantity – structural complexity C which takes into account inter-scale dissimilarity of patterns [1]. This approach was inspired by recent advances in automatic phase boundary detection using machine learning methods [2, 3]. Since a neural network is dealing directly with patterns in data, the success of such approaches poses a natural question whether states of a system belonging to different phases can be distinguished by calculating their structural complexity.

First, we study the phase transitions in the 2d and 3d classical Ising model and demonstrate that complexity of the critical point is indeed higher than that of the fully ordered ferromagnetic phase or fully random paramagnetic one. Moreover, we show that one can define Tc with high accuracy simply by looking at the derivative of the complexity with respect to temperature, as can be seen from Fig. 1. Importantly, for each value of T it is enough to compute C(T) just for a single snapshot of the system, without any need to compute correlation functions and average over multiple Monte Carlo samples.

From that we proceed to a more complicated classical Heisenberg model with Dzyaloshinskii–Moriya interactions which hosts a variety of phases that cannot be characterized with a local order parameter but appear to be non-trivial patterns, such as spin spirals, bimerons, and skyrmion crystals [4]. Again, not only the suggested multi-scale structural complexity maximizes on the most visually non-trivial spin spirals (magnetic labyrinths) and minimizes on the ordered ferromagnetic configurations, but transition lines between the phases can be easily determined by computing complexity of mere single realizations of the spin configuration at each point of the phase diagram.

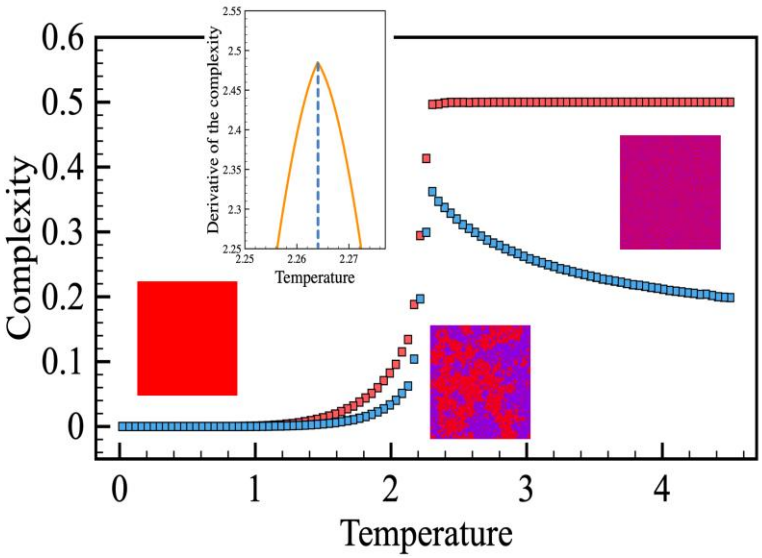


Рис. 1. Temperature dependence of the complexity obtained from the two-dimensional Ising model simulations using different number of steps of our algorithm. Inset shows the first derivative of the complexity used for accurate detection of the critical temperature.

Finally, we perform simulations of real-time spin dynamics in Dzyaloshinskii-Moriya ferromagnet and derive complexity of several non-equilibrium processes such as switching and breathing of skyrmions [5] and melting of magnetic labyrinths. We show that in all these cases evolution of complexity properly reflects the spin dynamics and is fully in line with intuitive expectations. For more details see our paper [1].

This work was supported by the Russian Science Foundation Grant № 21-12-00338

1. A. A. Bagrov, I. A. Iakovlev, A. A. Iliasov, M. I. Katsnelson, V. V. Mazurenko, PNAS 117 (48) 30241-30251 (2020).
2. J. Carrasquilla and R. G. Melko, Nat. Phys. 13, 431 (2017).
3. I. A. Iakovlev, O. M. Sotnikov, and V. V. Mazurenko, Phys. Rev. B 98 174411 (2018).
4. I. A. Iakovlev, O. M. Sotnikov, and V. V. Mazurenko, Phys. Rev. B 97 184415 (2018).
5. C. Heo, N. S. Kiselev, A. K. Nandy, S. Blügel, T. Rasing, Scientific Reports, 6, 27146 (2016).

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ ТИТАНАТА СТРОНЦИЯ

Иевлева Е.В.[1], Коротков Л.Н.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
E-mail: elenaz.86@mail.ru

DIELECTRIC AND MAGNETIC PROPERTIES OF NANOCRYSTALLINE SAMPLES OF STRONTIUM TITANATE

Ievleva E.V.[1], Korotkov L.N.[1]

[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

The dielectric and magnetic properties of nanostructured ceramics of strontium titanate and a composite based on it are studied.The dependences of the influence of the dielectric constant on the temperature and heat treatment modes on the magnetic properties of strontium titanate are given.

Титанат стронция ($SrTiO_3$) является предметом интенсивных фундаментальных и прикладных исследований. А наноструктурированные сегнетоэлектрики, к которым относится $SrTiO_3$, обладают такими уникальными свойствами, которые позволяют их активно применять в различных приборах электроники и СВЧ-техники.

Значительное влияние на свойства наночастиц сегнетоэлектрических материалов оказывают их геометрические размеры, форма, дефекты кристаллической решетки и многие другие факторы, существенно зависящие от технологии получения материала.

Задачей настоящей работы являлось экспериментальное исследование диэлектрических и магнитных свойств наноструктурированной керамики титаната стронция и композита на его основе.

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 [1].

Для проведения эксперимента использовали порошки титаната стронция со средним размером частиц около 100 нм. Ультрадисперсные порошки со средним размером частиц ≈100 нм были получены с помощью помола в планетарной мельнице (рис.1). Затем осуществлялось спекание керамических образцов в форме дисков диаметром 10 и толщиной 1 мм при температуре 110 °С в течении 90 мин. Путем вжигания серебряной пасты на поверхности образцов титаната стронция наносили электроды.

Для измерения диэлектрической проницаемости образцы помещали в криостат, где температура изменялась от 10 до 300 К. Измерения осуществляли в ходе

нагрева с использованием измерителя иммитанса Е7-20 на частотах 20 Гц – 1 МГц.

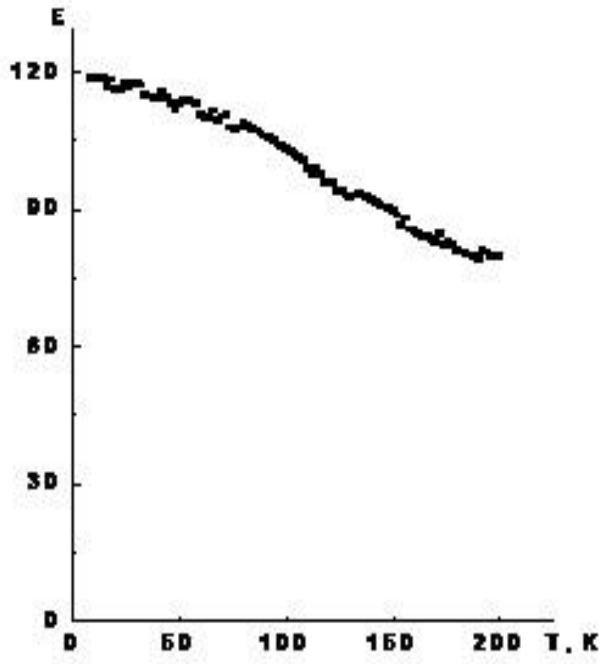


Рис. 1. Температурная зависимость ε для нанокристаллических образцов титаната стронция

В условиях эксперимента получена зависимость (рис. 1), на которой видно, как монотонно убывает диэлектрическая проницаемость с повышением температуры, не испытывая каких-либо аномалий. Сравнение диэлектрической проницаемости синтезированного материала и «объемной» керамики того же химического состава показало, что наноструктурированный $SrTiO_3$ обладает меньшим значением диэлектрической проницаемости и более высокой ее температурной стабильностью.

Известно, что наноструктурированные образцы $SrTiO_3$ обладают слабым ферромагнетизмом [2,3]. Предположительно причиной тому служат вакансии атомов кислорода, локализованные преимущественно на поверхности наночастиц. В исследуемом материале кислородные вакансии могут быть созданы путем их отжига в атмосфере водорода.

Проведен эксперимент по определению влияния режима термообработки на магнитные свойства образцов титаната стронция. Отжиг проводился в атмосфере водорода в течение 2 часов при температуре 700°С.

Эксперимент показал, что нанокристаллические образцы $SrTiO_3$ демонстрируют слабый ферромагнетизм при комнатной температуре. Установлено, что термообработка понижает, как спонтанную намагниченность и димагнитную восприимчивость титаната стронция, что можно связать с понижением концентрации дефектов решетки.

1. Иевлева Е.В., Коротков Л.Н., Толстых Н.А., Бочаров А.И. Диэлектрические свойства ультрадисперсного титаната стронция. // «Альтернивная и интеллектуальная энергетика». Материалы Международной научно-практической конференции. – 2020. С. 51-52.
2. Sundaresan A.C.N., Rao R. // Nano Today. 2009. V. 4. № 1. P. 96.
3. Phan T.-L., Zhang P., Yang D.S. et al. // J. Appl. Phys. 2013. V. 113. P. 17E305.

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОПЕРЕНОСА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ЖИДКОСТЯМИ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ НАГРЕВЕ В ШИРОКОМ ИНТЕРВАЛЕ ДАВЛЕНИЙ

Игольников А.А.[1], Рютин С.Б.[1], Ямпольский А.Д.[1], Скрипов П.В.[1]

[1)] Институт теплофизики УрО РАН

E-mail: alexander.igolnikov@bk.ru

HEAT TRANSFER FEATURES IN DIELECTRIC FLUIDS IN THE COURSE OF NON-STATIONARY HEATING OVER A WIDE RANGE OF PRESSURES

Igolnikov A.A.[1], Rutin S.B.[1], Yampol'skii A.D.[1], Skripov P.V.[1]

[1)] Institute of Thermal Physics Ural Branch of RAS

Heat transfer in dielectric fluids in the course of non-stationary heating is discussed. The method of pulse heating of a wire probe was chosen for carrying out experiments. Authors revealed threshold deterioration of heat transfer in the case of fast transition to supercritical state of fluid.

Теплофизические свойства жидких соединений в области сверхкритических температур и давлений изучаются на протяжении 60 лет [1]. В рамках стационарных измерений, при приближении к критической точке наблюдался значительный рост коэффициента теплоотдачи, удельной изобарной теплоёмкости и теплопроводности. Это дало толчок к развитию неклассической флуктуационной теории критических явлений. Однако результаты опытов по кондуктивному теплопереносу в условиях мощного локального тепловыделения и малых временах нагрева идут вразрез с уже устоявшимися теориями. Помимо отсутствия критического роста теплофизических свойств, авторами нестационарных опытов отмечалось пороговое ухудшение теплопереноса при переходе вещества в состояние сверхкритического флюида [2].

Настоящая работа направлена на изучение теплофизических свойств диэлектрических жидкостей в широкой области температур и давлений, включая закритическую область. Для анализа нестационарного теплопереноса авторами был выбран метод импульсного нагрева проволочного зонда. Данный метод позволяет напрямую контролировать параметры тепловыделения в течение всего импульса и регистрировать функцию отклика во всем диапазоне нагрева, а малые

характерные времена нагрева позволяют свести к минимуму влияние конвекции и гравитационных эффектов. Регистрируемыми величинами являются падение напряжения на платиновом зонде – термометре сопротивления и ток в цепи зонда. Запись первичных величин сопровождается расчетом мощности тепловыделения, температуры зонда и плотности теплового потока [3].

В докладе будут представлены результаты опытов по импульсному нагреву диэлектрических жидкостей, имеющих широкое практическое применение. Будет продемонстрировано, что в условиях малых характерных времен нагрева и больших градиентов температуры картина теплообмена значительно отличается от “стационарной” картины теплообмена в закритической области.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 19-19-00115.

1. I.M. Abdulagatov, P.V. Skripov, Russ. J. Phys. Chem. B, 4(7) (2020), 1178–1216.
2. S.B. Rutin, A.A. Igolnikov and P.V. Skripov, J. Eng. Thermophys., 29:1 (2020), 67
3. S.B. Rutin and P.V. Skripov, Int. J. Heat Mass Transfer, 57:1 (2013), 126

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ИСТОЧНИКОВ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ КМОП МИКРОСХЕМ

Калашников В. Д.[1], Теплякова А. О.[1], Егоров А. Ю.[1],
Уланова А. В.[1, 2], Чепов В. А.[1]

[1)] НИЯУ МИФИ
[2)]АО "ЭНПО СПЭЛС"
E-mail: vdkal@spels.ru

FEATURES OF CMOS MICROCIRCUITS X-RAY IRRADIATION TESTING

Kalashnikov V. D.[1], Teplyakova A. O.[1], Egorov A. Y.[1],
Ulanova A. V.[1, 2], Chepov V. A.[1]

[1)] NRNU MEPhI
[2)]JSC "ENPO SPELS"

The paper substantiates the possibility of X-ray sources usage in radiation-hardness tests of microcircuits with 180 nm design or less. The tests were conducted using an electron accelerator in bremsstrahlung mode and an X-ray unit. The comparison results and key features are presented.

Испытания электронной компонентной базы (ЭКБ) на стойкость к воздействию радиационных факторов по требованию нормативных документов могут проводиться с использованием моделирующих и/или имитирующих установок.

Использование моделирующих установок основано на обеспечении эквивалентности характеристик и эффектов воздействия реальных радиационных факторов и источников радиационных воздействий, используемых при испытаниях (ускорителей, изотопных источников, реакторов и других).

Однако такие источники обладают рядом недостатков, связанных со сложностью эксплуатации, большими энергетическими и финансовыми затратами на поддержание работоспособности установок. Кроме того, при использовании подобных источников зачастую оказывается невозможно определить некоторые параметры быстродействующих устройств путем дистанционных измерений. Вышеперечисленные причины обуславливают необходимость использования в таких случаях имитирующих установок на основе рентгеновских источников.

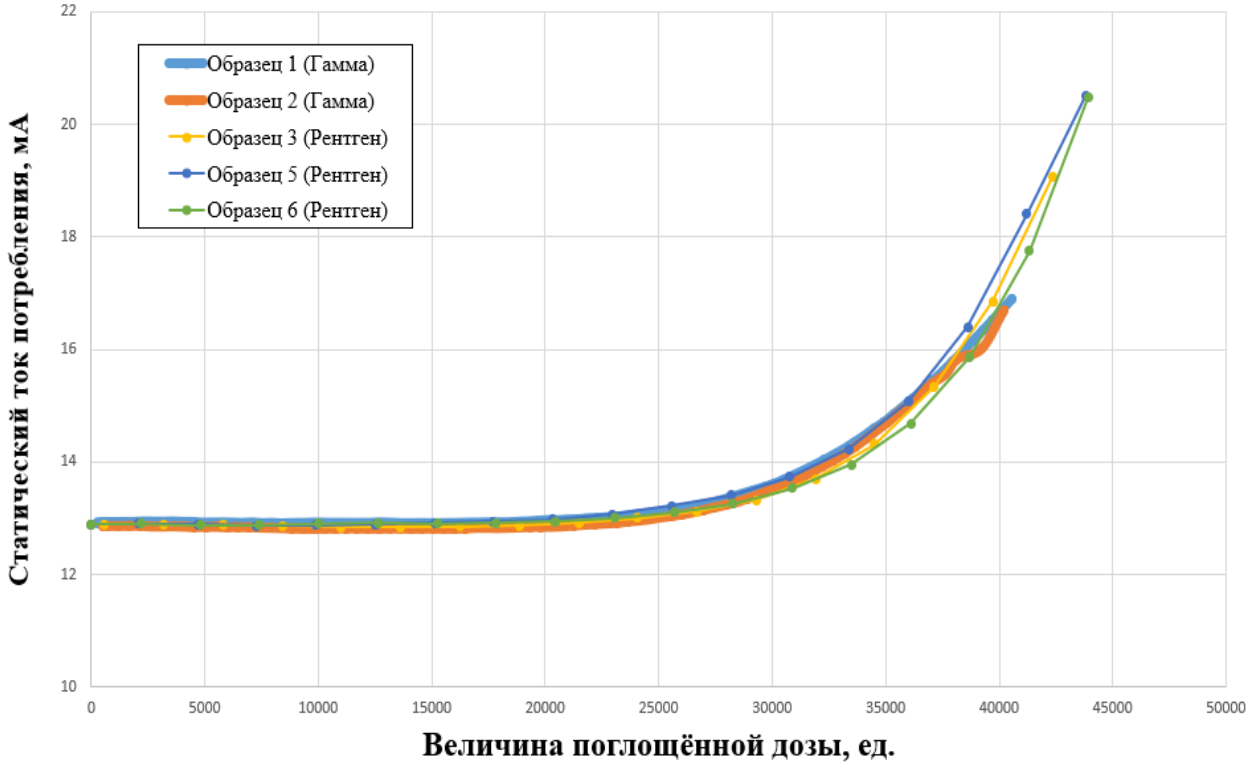


Рис. 1. Совмещенные зависимости деградации статического тока потребления I_{CC} микросхемы LPC1768 от величины поглощённой дозы.

Эквивалентность процессов воздействия гамма- и рентгеновских установок подтверждена и включена в действующие стандарты испытаний [1-4]. Текущая методика [5] подразумевает возможность полного совмещения калибровочных зависимостей для критериального параметра от гамма- и рентгеновского источников. Однако, для применения методики к изделиям, изготовленным по проектным нормам менее 180 нм, необходимо убедиться в достоверности результатов сопоставления калибровочных зависимостей, которых можно достигнуть изменением режима работы рентгеновского источника, а именно повышением напряжения на трубке (45 и 60 кВ) и фильтрацией спектра излучения с помощью алюминиевых пластин разной толщины (2 и 3 мм). В статье будут представлены ре-

зультаты исследования, в рамках которого проведено сравнение характера деградации трех типов изделий – сложнофункциональных КМОП СБИС, изготовленных по проектным нормам от 65 до 180 нм. На рисунке изображена зависимость для микросхемы LPC1768 (180 нм).

Из рисунка видно, что характер деградации критериального параметра I_{CC}, полученный на источнике гамма-излучения, совпадает с полученным на рентгеновском источнике, что говорит о применимости данной методики.

Авторы выражают благодарность Смолину А.С. и Демидову А.А. из АО «ЭНПО СПЭЛС» за полезные обсуждения и рекомендации при подготовке материала.

1. Dozier, C. M.; Brown, D. B.; Throckmorton, J. L.; Ma, D. I. Defect Production in SiO2 by X-Ray and Co-60 Radiations .// IEEE Transaction on Nuclear Science. Vol 35, 1985, P. 4363-4368
2. Согоян А. В., Артамонов А. С., Богданов Ю. И., Никифоров А. Ю. Метод испытаний интегральных схем на стойкость к дозовому воздействию на основе совместного применения гамма- и рентгеновских источников // Спецтехника и связь . 2011. №4-5
3. А.Ю.Никифоров, П.К. Скоробогатов, В.А.Телец, А.И.Чумаков и др. // Основные положения концепции создания и внедрения имитационных методов оценки и прогнозирования радиационной стойкости ППП и ИС // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационных воздействий на РЭА, 1994, Вып.3-4
4. Oldham T.R., McGarrity J.M. Comparison of Co-60 Response and 10 keV X-ray Response in MOS Capacitors // IEEE Transaction on Nuclear Science. Vol 30, 1983, P. 4377-4383
5. Микросхемы интегральные и полупроводниковые приборы. Методы контроля радиационной стойкости на этапах разработки, производства и поставки. Общие методики имитационных испытаний

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЗЭ НА МЕХАНИЗМ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ЛИТИЙ-МАГНИЕВОМ ФОСФАТЕ

Калинкин М. О.[1], Акулов Д. А.[1, 3], Келлерман Д. Г.[1],
Абашев Р. М.[2, 3], Сюрдо А. И.[2, 3]

[1)] ИХТТ УрО РАН, Екатеринбург, 620990, ул. Первомайская, 91
[2)] ИФМ УрО РАН, Екатеринбург, 620108, ул. С. Ковалевской, 18
[3)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, 620002, Мира, 19
E-mail: kalinkin@ihim.uran.ru

INFLUENCE OF VARIOUS RE ON MECHANISM OF THERMOLUMINESCENCE IN LITIUM MAGNESIUM PHOSPHATE

Kalinkin M. O.[1], Akulov D. A.[1, 3], Kellerman D. G.[1],
Abashev R. M.[2, 3], Surdo A. I.[2, 3]

[1)] ISSC UB RAS, Ekarerinburg, 620990, 91 Pervomaiskaya st
[2)] IMP UB RAS, Ekarerinburg, 620108, 18 S. Kovalevskaya st
[3)] Ural Federal University, Ekarerinburg, 620002, 19 Mira st

In this work we studied structural, X-ray luminescence and thermally stimulated luminescence in $LiMgPO_4$: RE^{3+} (RE = Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm). We discuss two mechanisms of TSL in $LiMgPO_4$: activation and sensitization of matrix by rare-earth element.

Материалы, допированные редкоземельными элементами (РЗЭ), занимают важное место в современных оптических технологиях. Для f- оболочек, экранированных заполненными s- и p- оболочками, характерны спектрально узкие электронные переходы с длинами волн в диапазоне от дальнего ИК до вакуумного УФ. Одним из направлений использования оптических материалов, допированных РЗЭ, является создание детекторов ионизирующего облучения для люминесцентной дозиметрии, работающих в режимах термически- (ТСЛ) и оптически стимулированной люминесценции (ОСЛ). Большое внимание в последнее время уделяется литий-магниевому фосфату $LiMgPO_4$, активированному тербием, который продемонстрировал высокую чувствительность к облучению и линейную дозовую зависимость [1].

Целью настоящей работы было исследование влияния широкого круга РЗЭ, введенных в $LiMgPO_4$, на термолюминесценцию полученного дозиметрического материала. Установлено, что недопированный $LiMgPO_4$ характеризуется собственной термо-люминесценцией, т.е. облученный образец, будучи нагретым до 100-300 ^{O}C начинает излучать, и интенсивность высвечивания пропорциональна дозе облучения. Интенсивность ТСЛ для недопированного фосфата невелика и недостаточна для его практического применения, но она существенно усиливается при добавлении активатора (Рис. 1). Особенно эффективным является допирование Er и Tb.

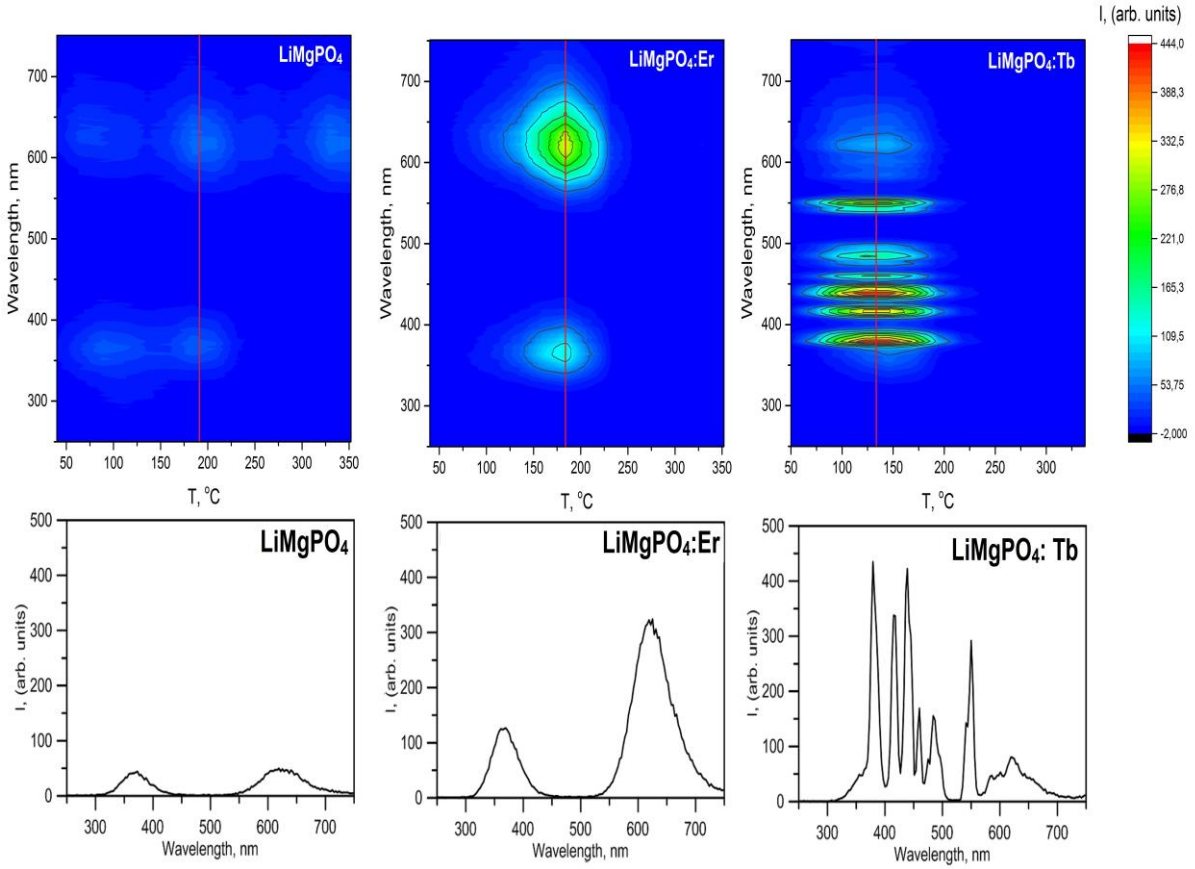


Рис. 1 Спектры ТСЛ $LiMgPO_4$ и $LiMgPO_4$: RE

Спектр ТСЛ чистого состоит из двух широких линий с центрами при 360 нм и 650 нм. Эти линии связаны с существованием структурных дефектов, которые выступают в роли ловушек электронов и дырок. В работе показано, что спектры $LiMgPO_4$, допированного Tb, Dy, Tm, Gd и Sm являются суперпозицией спектра матрицы и спектра, создаваемого переходами в РЗЭ, в то время как для Er, Ho и Nd характерно безызлучательное девозбуждение. Спектры $LiMgPO_4$, допированного этими элементами, содержат только усиленные линии матрицы. Таким образом, в работе показано, что для $LiMgPO_4$ возможны два механизма ТСЛ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант № 20-13-00121)

1. B. Dhabekar, S.N. Menon, E. Alagu Raja, A.K. Bakshi, A.K. Bakshi, A.K. Singh, M.P. Chougaonkar, Y.S. Mayya, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. B, 269(16), 1844–1848, (2011)

ПОЛЕВЫЕ КАТОДЫ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНООБЪЕКТОВ, ДОПИРОВАННЫХ АЗОТОМ

Капустин С. Н.[1]

[1)] Северный Арктический Федеральный университет им. М. В. Ломоносова
E-mail: hare22@yandex.ru

FIELD-EFFECT CATHODES BASED ON NITROGEN-DOPED CARBON NANOOBJECTS

Kapustin S. N.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Improving the emission intensity of the field-effect cathode from carbon nanoobjects by doping them with nitrogen is proposed. It has been suggested that the intercalated nitrogen atoms will create additional energy levels in the band structure that facilitate emission.

Углеродные нанообъекты активно пытаются использовать для получения холодных полевых катодов [1]. Этот интерес связан с потенциально высоким аспектным соотношением. Например, для углеродных нанотрубок (УНТ) оно может варьироваться в широких пределах: от 100 до 100000. Так же углеродные нанообъекты обладают неплохими показателями теплопроводности, прочности и энергией связи между атомами. Это позволяет предположить, что катоды полученные из них могут иметь более высокий ресурс.

В работе изучались полевые катоды из углеродных нанообъектов, нанесенные при помощи углеродного скотча на металлическую подложку. Углеродные нанотрубки марки «Таунит-М» очищались от аморфного углерода (нагрев на воздухе до 300 градусов в течении часа), очищались от частиц металлического катализатора (выдерживались 24 часа в растворе соляной кислоты 5М), после чего отжигались в вакууме при температуре 1000 градусов с целью заращивания дефектов. Полученный порошок тщательно высушивался до состояния ксерогеля, размалывался в ступке и высыпался на углеродный скотч (наклеенную на металлическую пластину), после чего тщательно растирался по нему до образования однородного покрытия. Площадь покрытия составляла 1.5 см^2. Образец помещался в вакуум до 10^{-7} Па, между образом и анодом создавалась разность потенциалов. Разность потенциалов менялась от 0 до 3 кВ. Результаты измерения эмиссионного тока показаны на рисунке 1.

В ходе выступления планируется доложить о влиянии внедренного в стенки УНТ азота. Предполагается, что внедренные атомы азота будут создавать в зонной структуре дополнительные энергетические уровни, усиливающие эмиссию.

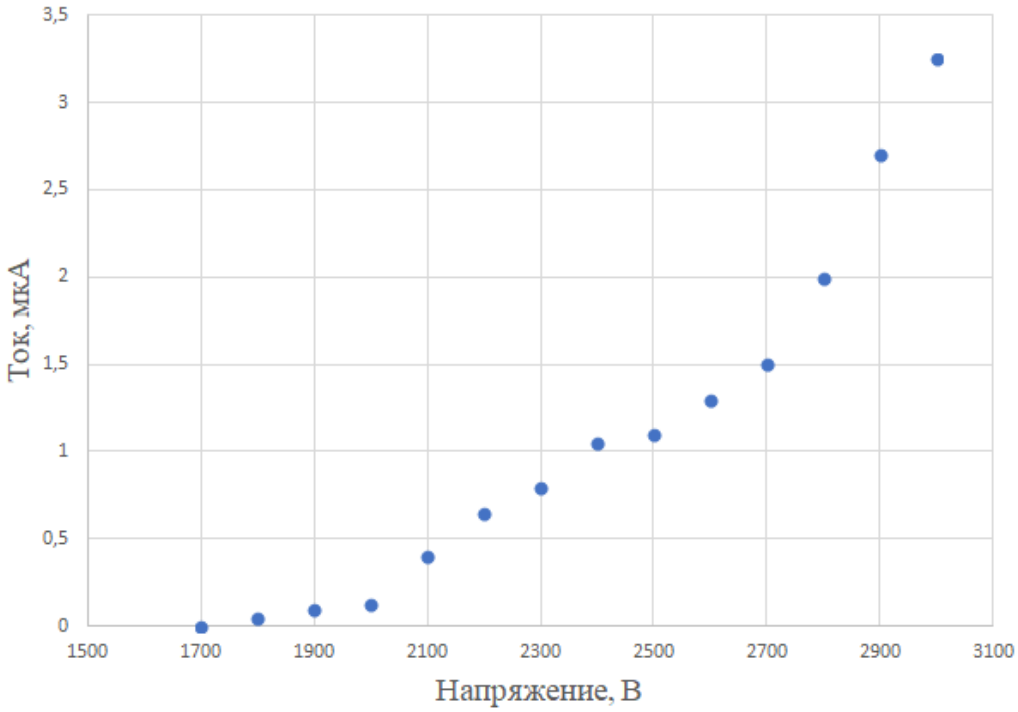


Рис. 1. Зависимость эмиссионного тока от приложенного потенциала

Выражаю благодарность Алексею Сидорину из объеденного института ядерных исследований за помощь в проведении исследований. Работа поддержана государственным заданием РФ, №0793-2020-0005 и Российским Научный Фондом, № 20-72-10151.

1. УФН, 2010, том 180, номер 9, страницы 897–930, DOI: https://doi.org/10.3367/UFNr.0180.201009a.0897

О ВЛИЯНИИ УГЛЕРОДА НА МАРТЕНСИТНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ В СПЛАВАХ ЖЕЛЕЗА С ПОЗИЦИЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

Кащенко Н.М.[1], Кащенко М.П.[1, 2], Чащина В.Г.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: mpk46@mail.ru

INFLUENCE OF CARBON ON MARTENSITIC TRANSFORMATIONS IN IRON ALLOYS FROM THE POSITION OF DYNAMIC THEORY

Kashchenko N.M.[1], Kashchenko M.P.[1, 2], Chashchina V.G.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

A rapid decrease in the temperature of the start of martensitic transformation with an increase in the carbon concentration is interpreted as a result of strong scattering of collectivized s - electrons by ion clusters surrounding the implanted carbon atom.

Хорошо известно, что содержание углерода, образующего сплав внедрения в сплавах железа, оказывает сильное влияние на протекание (при охлаждении) мартенситного превращения (МП), приводя к образованию кристаллов мартенсита с объемноцентрированной тетрагональной (ОЦТ) решеткой, сосуществующих с остаточным аустенитом, имевшим в исходном состоянии объемноцентрированную кубическую (ОЦК) решетку [1]. Помимо тетрагональности, удовлетворительно объясняемой распределением внедренного углерода [1], имеет место быстрое снижение температуры Ms начала МП при увеличении концентрации углерода. Эта зависимость получает естественное объяснение в рамках динамической теории МП, интерпретирующей температуру Ms как оптимальную для поддержания неравновесными d-электронами волнового процесса, управляющего ростом кристалла мартенсита [2]. Занимая преимущественно октаэдрические междоузлия, углерод (за счет перекрытия волновых функций p-типа с волновыми функциями d-типа ионов железа) становится центром кластера из 6 ионов железа, обеспечивающего сильное затухание коллективизированных s-электронов, требуемое для заполнения (в ходе процессов s-d рассеяния) активных в генерации фононов состояний d-электронов. Эта качественная схема хорошо согласуется с наблюдаемым эффектом нарастания критического размера зерна Dc аустенита при росте содержания углерода [3, 4]. В связи с этим представляется целесообразным выполнение расчетов зонной структуры сплава внедрения для различных концентраций углерода с анализом изменений в распределении состояний d-электронов.

Авторы выражают признательность Министерству науки и высшего образования России за поддержку при исполнении государственного задания № 075-00243-20-

01 от 26.08.2020 в рамках темы FEUG-2020-0013 ”Экологические аспекты рационального природопользования”.

1. G. V. Kurdyumov, L. M. Utevskiy, and R. I. Entin,Transformations in Iron and Steel. Moscow, Nauka (1977) 236 p. [in Russian]
2. M. P. Kashchenko and V. G. Chashchina, Phys.Usp. 54 (4), 331–349 (2011).
3. M. P. Kashchenko and V. G. Chashchina, Phys. Mesomech. 13, 195–202 (2010).
4. 4. M. P. Kashchenko, N. M. Kashchenko, Chashchina V.G, Phys. Met. Metallogr. 122 (1), 47–53 (2021).

АЛГОРИТМ ДЛЯ ПОИСКА КВАЗИДВУМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С УСТОЙЧИВЫМ ФЕРРОМАГНЕТИЗМОМ

Кашин И. В.[1]

[1)] Кафедра Теоретической физики и прикладной математики, Уральский федеральный университет, ул. Мира 19, 620002 Екатеринбург, Россия.

E-mail: i.v.kashin@urfu.ru

ALGORITHM OF SEARCHING THE STABLE FERROMAGNETIC QUASI-TWO-DIMENSIONAL MATERIALS

Kashin I. V.[1]

[1)] Theoretical Physics and Applied Mathematics Department, Ural Federal University, Mira Street 19, 620002 Ekaterinburg, Russia.

Here we suggest a theoretical approach designed to seek an optimized electronic structure of quasi-two-dimensional material by means of ferromagnetic ordering stability. Corresponding tight-binding Hamiltonian is treated using Green's functions formalism in order to estimate Curie temperature value.

Сегодня квазидвумерные материалы привлекают к себе всё больше внимания исследователей - не только в силу уникальности многих демонстрируемых ими свойств, но и из-за значительно более гибких возможностей их контроля путём внешних макроскопических воздействий. Особое место здесь занимают магнитные материалы - обладатели обширных перспектив для прикладного применения в области построения логических устройств и модулей памяти нового поколения [1-2].

Однако одна из ключевых проблем заключается в том, что магнетизм в таких материалах в подавляющем большинстве случаев является продуктов компенсаторного действия нескольких качественно различных микроскопических механизмов. Это резко усложняет как их теоретическое описание, так и условия их экспериментального синтеза.

Исходя из этого и формулируется основная цель данной работы - разработка и применение оригинальной численной схемы для поиска кристаллической и

электронной структуры квазидвумерных материалов с наиболее выраженными предпосылками к возникновению в них ферромагнитного порядка.

В рамках данной схемы материал представляется в виде квантовой модели сильной связи, где степень гибридизации различных атомных орбиталей, их энергетическое положение, а также параметры геометрии решётки Браве являются оптимизируемыми параметрами. Главным критерием эффективности оптимизации избрана величина температуры Кюри, которая - в рамках приближения среднего поля [3] - выражается через суммарное обменное окружение магнитоактивного атома. В свою очередь, интенсивность обменного окружения будет оцениваться при помощи оригинального теоретического подхода, основанного на теории бесконечно малого спинового поворота [4] и формализма функций Грина с частотным и пространственным разрешением.

Для численного решения задачи оптимизации будет использован генетический алгоритм - в силу его устойчивости и гибкости в плане контроля процесса итеративной сходимости.

Результирующие теоретические представления квазидвумерных материалов будут подвержены детальному анализу, направленному на установление наиболее вероятного химического состава и способов синтеза. Это позволит не только обогатить класс ферромагнитных квазидвумерных материалов, но и расширить фундаментальное понимание процесса установления магнитного порядка в таких системах.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ № МК-2578.2021.1.2

1. A. Soumyanarayanan et al., Nature 539, 509–517 (2016)
2. I. V. Kashin et al., 2D Mater. 7, 025036 (2020)
3. M. Hortamani et al., Phys. Rev. B 78, 104402 (2008)
4. A. I. Liechtenstein, M. I. Katsnelson et al., J. Magn. Magn. Mater. 67, 65–74 (1987)

КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ОБЛУЧЕННЫХ ИОНАМИ XE С ЭНЕРГИЕЙ 0,23 ГЭВ КРИСТАЛЛОВ MGO

Кенжебекова М. Ж.[1]

[1)] Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева010000 Казахстан, г.Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2

E-mail: madina-kenzhebekova@bk.ru

CATHODOLUMINESCENCE OF MGO CRYSTALS IRRADIATED WITH XE IONS WITH AN ENERGY OF 0.23 GEV

Kenzhebekova M. Z.[1]

[1)] L.N. Gumilyov Eurasian National University 2 Satbaeva 010000, Nur-Sultan, Kazakhstan

The paper presents the cathodoluminescence spectra of unirradiated MgO measured upon excitation by electrons with an energy of 10 keV at a temperature of 5 K.

Кристалл MgO является радиационно-стойким и перспективным материалом с разнообразными техническими применениями, используется в качестве селективных дозиметров для медицинских и промышленных целей, в радиационных детекторах. К настоящему времени проведено немало экспериментальных и теоретических исследований кристаллов MgO. Широкая валентная зона, большая диэлектрическая проницаемость и малая энергия связи экситонов позволяют рассматривать MgO как диэлектрик [1].

В работе представлены спектры катодолюминесценция (КЛ) необлученного MgO, измеренные при возбуждении электронами с энергией 10 кэВ при температуре 5 К. В спектре видна узкая интенсивная полоса люминесценции около 7,6 эВ, широкая интенсивная полоса свечения с максимумом при 5,3 эВ и слабая комплексная полоса около 2,3-3,3 эВ. При комнатной температуре интенсивность полосы люминесценции с максимумом при 5.3 эВ ниже, чем при 5 К, тогда как для полосы около 2,3-3,3 эВ наблюдаем обратный эффект.

Резкое затухание свечений экситонного типа с флюенсом связано с появлением радиационно-индуцированных структурных дефектов, где и происходит эффективный безызлучательный распад подвижных экситонов, а подавление КЛ при ~5,3 эВ можно объяснить реабсорбцией этого излучения созданными ионным облучением F- и F+-центрами. С другой стороны, трансформация видимого КЛ и значительное усиление люминесценции с максимумом при ~3,1 эВ, также связаны с радиационно-индуцированными структурными дефектами.

L.N. Gumilyov Eurasian National University 2 Satbaeva 010000, Nur-Sultan, Kazakhstan

1. Piyush P.N., Kanchan L. Electronic structure of magnesium oxide // Int. J. Chem. Sci. – 2010. – Vol. 8, №3. – P. 1749-1756

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОСТАБИЛЬНОСТИ ОРГАНИЧЕСКИХ ЛЮМИНОФОРОВ В МИКРОРЕЗОНАТОРАХ ИЗ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ

Хариноева Т. А.[1], Мартынов И. Л.[1], Баранова А. А.[2], Вербицкий Е. В.[2, 3], Чистяков А. А.[1]

[1)] Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Институт органического синтеза им. И. Я. Постовского УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: kharinoevat@yandex.ru

STUDY OF THE ORGANIC LUMINOPHORES PHOTOSTABILITY IN POROUS SILICON MICROCAVITIES

Kharinoeva T. A.[1], Martynov I.L.[1], Baranova A.A.[2], Verbitskiy E.V.[2, 3], Chistyakov A.A.[1]

[1)] National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia
[2)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[3)] Postovsky Institute of Organic Synthesis, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

The work is devoted to the study of the photostability of the pyrimidine derivatives and conjugated organic polymers of the PPV class embedded in a porous silicon microcavity.

В настоящее время активно развивается люминесцентный метод детектирования нитроароматических соединений и других взрывчатых веществ. Работа сенсоров на базе данного метода основана на тушении люминесценции чувствительного люминофора за счет фотоиндуцированного переноса электрона при взаимодействии с молекулами взрывчатого вещества [1]. Одно из направлений дальнейшего совершенствования подобных сенсоров связано с внедрением чувствительного люминофора в пористую матрицу со свойствами фотонного кристалла, например, в микрорезонатор из пористого кремния [2]. Такой подход позволяет резко увеличить площадь взаимодействия люминофора с окружающей средой и сделать его излучение спектрально узким и направленным.

Помимо обеспечения высокой чувствительности важным вопросом при разработке люминесцентных сенсоров является корректность их работы в реальных условиях. В этой связи большое значение имеет детальное исследование фотостабильности чувствительного люминофора под действием возбуждающего излучения.

Настоящая работа посвящена исследованию фотостабильности производных пиримидина и полифениленвинилена (PPV), внедренных в микрорезонатор из

пористого кремния под действием излучения с длиной волны 450 нм. Используемые в работе люминофоры имеют высокую чувствительность к молекулам нитроароматических соединений [2,3]. Микрорезонаторы из пористого кремния, используемые в работе, были изготовлены методом электрохимического травления монокристаллического кремния и состояли из двух брэгговских зеркал и расположенной между ними полости. Собственная мода микрорезонаторов находилась в диапазоне 550-600 нм. Исследуемые люминофоры внедрялись в микрорезонатор из раствора при повышенном давлении [4].

В процессе исследований продемонстрировано, что амплитуда люминесценции всех исследуемых образцов под действием возбуждающего излучения постепенно деградирует. Наиболее вероятной причиной данного процесса является фотоокисление, на что указывают как литературные данные [5], так и результаты контрольных экспериментов при пониженном давлении. При этом было установлено, что скорость падения амплитуды нелинейно зависит от интенсивности возбуждающего излучения I_{ex} уже в диапазоне 1-5 Вт/см^2. Так, для некоторых производных пиримидина скорость деградации амплитуд люминесцентного сигнала достигала насыщения уже при I_{ex} на уровне 10 Вт/см^2. Сделано предположение, что наблюдаемый эффект обусловлен ограниченной скоростью диффузии молекул кислорода внутрь микрорезонатора из пористого кремния. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации режимов возбуждения люминесцентных сенсоров молекул нитроароматических соединений на базе фотонных структур из пористого кремния.

1. Sun X., Wang Y., Lei Y., Chem. Soc. Rev. Royal Society of Chemistry, 44, Iss. 22, 8019–8061 (2015)
2. Tokranova N.A. et al., J. Phys. Chem. C. 117, Iss. 44, 22667–22676 (2013)
3. Verbitskiy E. V. et al., Dye. Pigment. 137, 360–371 (2017)
4. Osipov E. V. et al., Tech. Phys. Lett. 44, Iss 5, 392–394 (2018)
5. Sutherland D.G.J. et al., Appl. Phys. Lett. 68, Iss 15, 2046–2048 (1996)

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СПЕКТРОВ РАССЕЯНИЯ ДВУСПИРАЛЬНОЙ ПРАВОЗАКРУЧЕННОЙ МОЛЕКУЛЫ ДНК

Харламова А. А.[1], Макаров Д. Н.[1]

[1)] Северный арктический федеральный университет имени М.В.Ломоносова

E-mail: kharlamova.anastasiya2015@yandex.ru

VISUALIZATION OF SCATTERING SPECTRA OF DOUBLE-STRANDED RIGHT-HANDED DNA MOLECULE

Kharlamova A. A.[1], Makarov D. N.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

In the article, methods of visualization of double-stranded right-handed DNA molecules using ultrashort laser pulses. Contour plots are constructed on the basis of theoretically found scattering spectra of DNA molecules. The structure of A-DNA and B-DNA is visualized.

Расшифровка молекулы ДНК, хранящей в себе информацию о генетической программе развития и функционирования живого организма, была проведена еще в 20 веке при помощи рентгеноскопии. Этот анализ дал нам возможность увидеть структуру ДНК, ее спирализацию. Но сейчас ученые обладают большими возможностями для изучения таких биоструктур. На сегодняшний день уже широко применяются в медицине и в промышленности ультракороткие лазерные импульсы. [1,2] С их помощью в перспективе возможно получение более качественных снимков ДНК, дающих представление не только о структуре молекулы, но и о расположении в ней нуклеотидов, связей между ними, наличия на них дефектов. Однако, практическая возможность изучения молекул требует подробной разработки теории взаимодействия лазерных импульсов с веществом и новых способов визуализации ДНК из спектров рассеяния. Последнему посвящена данная статья.

В работе большое внимание уделяется визуализации формы А-ДНК и В-ДНК. Это два открытых на сегодняшний день вида правозакрученной молекулы ДНК. Их структура интересна для анализа, т.к чаще всего молекула принимает такую форму во время подготовки биоматериала к исследованию.

В статье преобразуются полученные ранее спектры [3] рассеяния на молекуле ДНК для описания двуспиральных правозакрученных форм. Для этого преобразуется формула интерференционного фактора, как основной характеристики пространственного расположения нуклеотидов. Вводится новое расположение по координатам и углам витка спирали. В общем виде показан контурный график спектра рассеяния ДНК. Подробнее рассматривается структура форм А-ДНК и В-ДНК. Выделяются отличия расположения нуклеотидов в этих формах. Каждый

график расшифровывается по аналогии с классическим рентгеновским снимком.[4,5]

Работа поддержана Грантом Президента РФ №МД-4260.2021.1.2. и государственным заданием РФ №0793-2020-0005.

1. Makarov D.N. Quantum theory of scattering of ultrashort electromagnetic field pulses by polyatomic structures // Optics Express. 2019. Vol. 27. Issue 22. p. 31989-32008
2. Матвеев А.И. Журнал экспериментальной и теоретической физики. Т.124(5) (2003)
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.
4. A-DNA and B-DNA: Comparing their Historical X-Ray Fibre Diffraction Images. Amand A. Lucas Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, 61 rue de Bruxelles, B5000 Namur, Belgium e-mail : amand.lucas@fundp.ac.be
5. http://people.bu.edu/mfk/restricted566/dnastructure.pdf

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МОЛЕКУЛЫ ДНК МЕТОДАМИ КВАЗИКЛАССИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Хасанова А. С.[1], Кашин И. В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

E-mail: adelina241298@yandex.ru

INVESTIGATION OF THE DNA MOLECULE RADIATION RESISTANCE BY SEMICLASSICAL SIMULATION

Khasanova A. S.[1], Kashin I. V.[1]

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

Radiation leads to the death of cells, namely the DNA molecules in them. The wave functions are considered for each element that is in the compound of the DNA molecule. Next, the DNA helix is modeled. Then, a part of the spiral is destroyed by radiation, and the result of cell death is examined.

Известно, что радиация несет пагубное воздействие на организм человека. Большие дозы радиации могут привести к гибели клеток. Наиболее частые повреждения, из-за которых в последствии судьба клетки становится критической, это повреждение молекулы ДНК, а именно двунитиевой разрыв спирали и потеря

функции репарации клетки. Дезоксирибонуклеиновая кислота — это макромолекула, которая хранит в себе информацию в виде генетического кода, она представляет из себя последовательность нуклеотидов. Каждый нуклеотид состоит из азотистого основания (аденин, гуанин, тимин и цитозин), сахара и фосфатной группы. Они образуют две цепи, в которых азотистые основания ориентированы друг к другу.

В рамках квазиклассического подхода к моделированию квантовая скоррелированность атомов между собой рассматривается на уровне интегралов перекрытия водородоподобных волновых функций для каждого элемента, который входит в состав соединения молекулы ДНК. Программными методами вычисляется наиболее энергетически выгодное состояние системы. Затем имитируется процесс разрушения части спирали некоторым количеством ионизирующего излучения, необходимого для разрыва обеих цепочек ДНК, и рассматриваются последствия смерти клетки.

GROWTH AND CHARACTERIZATION OF BiTeX (X=I, Cl) 3D RASHBA MATERIALS

Yu. E. Khatchenko[1], K. A. Kokh[2], O. E. Tereshchenko[3], T. V. Kuznetsova[1, 4]

[1)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics of UB RAS, 18 S. Kovalevskaya Str., Ekaterinburg, 620108, Russia
[2)] V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of SB RAS, 3 Koptyuga Ave., Novosibirsk, 630090, Russia
[3)] Rzhanov Institute of Semiconductor Physics of SB RAS, 13 Ac. Lavrentieva Ave., Novosibirsk, 630090, Russia
[4)] Ural Federal University, 19 Mira Str., Ekaterinburg, 620002, Russia
E-mail: yulya.khatchenko@mail.ru

In this work, the surface structure and transport properties of BiTeCl and BiTeI 3D Rashba materials grown using the modified Bridgman method are studied in detail.

The semiconductor BiTeX (X=I, Br, Cl) is attractive as a material exhibiting the large Rashba splitting of both the bulk and the surface states. In addition to the fundamental interest, such materials could be useful for building spintronic devices. The large spin splitting allows for highly polarized spin currents even in room temperature applications. Together with their small electron density, control of the spin current by tuning the chemical potential is rendered possible by electrical gating or chemical doping.

The aim of this work is a detailed study of the surface structure and transport properties of BiTeCl and BiTeI grown by the modified Bridgman technique [1].

The surface composition was examined by Kelvin probe force microscopy and X-ray photoemission spectroscopy. It was found that the (0001) BiTeI surface has regions

terminated by atoms of different types (Te and I), while the BiTeCl surface is homogeneous and terminated either only by Te or Cl atoms.

Transport measurements showed that the studied semiconductors have n-type conductivity, exhibit metallic conductivity, and are strongly degenerate (n ≈$1.14•10^{19}$ and $3.26•10^{19}$ cm^{-3} for BiTeCl and BiTeI respectively). The dependences of the mobility on the temperature in the range of 4.2-300 K are obtained. In the low-temperature region, the mobility of crystals is practically independent of temperature and reaches $2•10^3$ $cm^2/V•s$ in BiTeCl and 550 $cm^2/V•s$ in BiTeI crystals. In the high-temperature region, the mobility of BiTeCl is proportional to the T^{-1}, which corresponds to the scattering of a degenerate two-dimensional electron gas on acoustic and optical phonons; the mobility of BiTeI is proportional to the $T^{-0.36}$. The slower dependence is a consequence of additional scattering at ionized centers caused by anti-structural defects I_{Te}.

The reported study was funded by RFBR, project number 19-29-12061.

1. K. A. Kokh, B. G. Nenashev, A. E. Kokh and G. Yu. Shvedenkov, J. Cryst. Growth 275, e2129–e2134 (2005).

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ АНИЗОТРОПНЫХ МАГНИТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В МЕТАЛЛАХ, НА БАЗЕ ПЕРВОПРИНЦИПНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Кильметов А. Ю.[1], Кашин И. В.[1]

[1)] Кафедра Теоретической физики и прикладной математики, Уральский федеральный университет, ул. Мира 19, 620002 Екатеринбург, Россия.

E-mail: a_kilmetov@mail.ru

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A THEORETICAL APPROACH FOR ASSESSING ANISOTROPIC MAGNETIC INTERACTIONS IN METALS, BASED ON AB INITIO MODELING

Kilmetov A. Y.[1], Kashin I. V.[1]

[1)] Theoretical Physics and Applied Mathematics Department, Ural Federal University, Mira Street 19, 620002 Ekaterinburg, Russia.

In this work we propose a new theoretical approach for assessing the intensity of the Dzyaloshinskii - Moriya (DM) interaction in conducting materials.

Известно, что в магнетиках сильное обменное взаимодействие определяет взаимную ориентацию соседних спинов, а более слабое спин-орбитальное взаимодействие может формировать сложные пространственные структуры на больших масштабах. Примерами могут быть спиральные структуры, скирмионные решетки и т.п. Для формирования подобных структур симметрия кристалла

должна допускать наличие отличного от нуля вектора Дзялошинского и антисимметричного обменного взаимодействия Дзялошинского-Мория. Важнейшей задачей является определения знака и величины вектора Дзялошинского. В данной работе рассматривается новый теоретический подход для решения данной задачи. В качестве проверки теоретического подхода был выбран объемный кристалл MnSi, для которого уже имеются экспериментальные данные о взаимодействии Дзялошинского-Мория [1,2]. Нарушение инверсионной симметрии в кристалле MnSi и приводит к наличию антисимметричного обменного взаимодействия. На основе теоретической модели был разработан программный комплекс для проведения численных экспериментов.

2. K. V. Shanavas and S. Satpathy. Phys. Rev. B 93, 195101 (2016).
3. C. Dhital, L. DeBeer-Schmitt, Q. Zhang, W. Xie, D. P. Young, and J. F. DiTusa. Phys. Rev. B 96, 214425 (2017).

INFLUENCE OF ELECTRON EMISSION ON SPECTROSCOPIC PROPERTIES OF SOME PHOSPHATES WITH Pr^{3+} IMPURITY

Kiselev S. A.[1], Pustovarov V. A.[1], Lukashov A. S.[1]

[1)] Institute of Physics and Technology, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

E-mail: sviat-kiselev@yandex.ru

This paper reports the spectroscopic properties of praseodymium-doped phosphates, $KLuP_2O_7$, $Sr_9Sc(PO_4)_7$, $K_3Lu(PO_4)_2$ doped with Pr^{3+} ions. Spectra of photoluminescence (PL) upon UV-VUV excitation, PL excitation, thermally stimulated luminescence was measured.

In recent years investigation of new scintillating materials based on rare earth-doped inorganic compounds gets huge attention due to potential variety of their applications in different spheres, such as detecting systems, medical tomography, nuclear physics, etc. Their properties are partly produced by presence of fast interconfigurational 5d – 4f optical transitions. In comparison with widely used impurity Ce^{3+} ions, praseodymium emission is located in higher energy region and has shorter lifetime (20-30 ns instead of 30-60) [1]. Emission transitions 5d – 4f of Pr^{3+} appear when strong enough crystal field moves the lowest $4f^15d^1$ excited state lower than $^1S_0$ state [2].

It is well known that most compounds change their emission characteristics in irradiation conditions. Thus, in this paper some results of comparative spectroscopy are presented. Observed polycrystalline samples were synthesized via solid state reaction in Laboratory of Luminescent Materials (University of Verona, Italy). Phase purity control was realized by powder X-ray diffraction technique (PXRD). Recordings of luminescence spectra were done with pure samples and after irradiating with electrons (E = 10 MeV) from linear electron accelerator.

Results of non-irradiated spectroscopy measurements of studied samples were previously published in [3-5]. For example, in Fig. 1 spectra of $KLuP_2O_7$ photoluminescence upon UV excitation before (black) and after irradiation (red) are presented. It can be easily observed that redistribution of interconfigurational transitions is observed. In addition, defect-related luminescence in 400-500 nm region extracts towards lower energies and single band divides into two peaks.

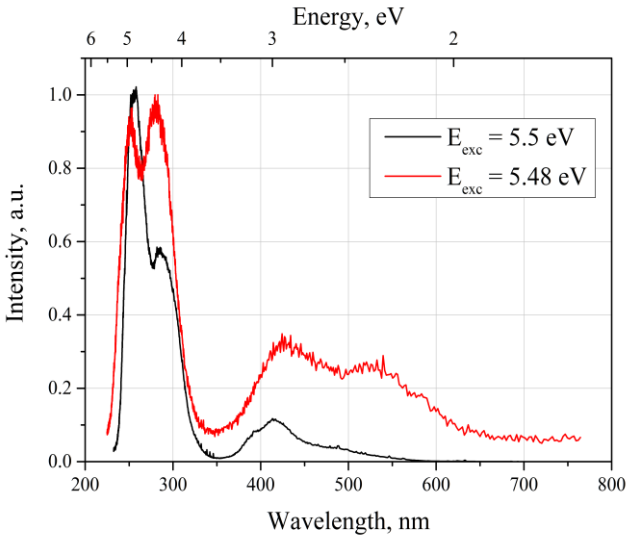


Рис. 1. Photoluminescence spectra of $KLuP_2O_7:Pr^{3+}$ (1%) upon UV excitation (E_{exc}), T = 295 K before (black) and after irradiation (red) with 10 MeV electrons from LINAC

The work was partially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (through the basic part of the government mandate, project No. FEUZ-2020-0060).

1. K.V. Ivanovskikh, Q. Shi, M. Bettinelli, V.A. Pustovarov, Opt. Mater. 79, 108-114 (2018).
2. A.M. Srivastava, J. Lumin. 169, 445–449 (2016).
3. V.A. Pustovarov, K.V. Ivanovskikh, S.A. Kiselev, E.S. Trofimova, S. Omelkov, M. Bettinelli, Opt. Mater. 108, 110234 (2020).
4. В.А. Пустоваров, К.В. Ивановских, Ю.Е. Хатченко, В.Ю. Иванов, M. Bettinelly, Q.Shi, Физика тв. тела 61, 866-871 (2019).
5. M. Trevisani, K. Ivanovskikh, F. Piccinelli, M. Bettinelli. J. of Chemical Sciences. 152, 2-6 (2014).

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ КИСЛОРОДНЫХ ДЕФЕКТОВ В СТРУКТУРАХ НА ОСНОВЕ SiO_2/GeO_2

Кислов А.Н.[1]

[1)] Институт фундаментального образования, Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

E-mail: a.n.kislov@urfu.ru

VIBRATIONAL PROPERTIES OF PHOTOSENSITIVE OXYGEN DEFECTS IN SiO_2/GeO_2-BASED STRUCTURES

Kislov A.N.[1]

[1)] Institute of Fundamental Education, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

The structures of silicon and germanium dioxides with oxygen defects were optimized. The local phonon densities of states for modes projected onto displacement of nearest ions surrounding defects were calculated.

Диоксиды кремния и германия являются объектами различных исследований, поскольку оба оксида используются в различных областях, включая оптоэлектронику, благодаря уникальности их физико-химических свойств [1]. Кроме того, интерес вызван близкой аналогией структур SiO_2 и GeO_2, так как ближний порядок (тетраэдрический и октаэдрический) одинаков. Хорошо известно, что колебательные свойства кремнеземных и германиевых материалов чувствительны к наличию точечных дефектов. В частности, потеря кислорода обычно вызывает локальные колебательные возбуждения. Возможность образования дефектов следует учитывать при проектировании и создании технологических устройств. Однако влияние кислородных дефектов на колебательные свойства SiO_2 и GeO_2 до конца не изучено.

Предметом исследования была динамика решетки SiO_2 и GeO_2 со структурой α-кварца (тетраэдрически координированного Si или Ge), содержащих дефекты кислородной подрешетки. Атомная структура и локализованные колебания изучались с помощью компьютерного моделирования. Для описания межатомных взаимодействий применялась модель, которая учитывает дальнодействующие взаимодействия с заряженными дефектами. Потенциал типа Букингема [2] был выбран для описания короткодействующих межатомных взаимодействий. Равновесные структуры и динамика решетки рассчитывались в рамках кластерного подхода.

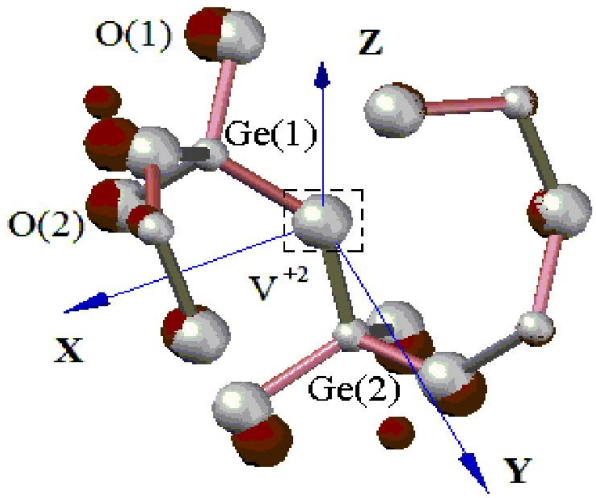


Рис. 1. Фрагмент структуры GeO_2 без дефекта и с кислородной вакансией. Серые (светлые) кружки указывают на ионы до релаксации решетки, красные (темные) кружки - после релаксации

Структуры SiO_2 и GeO_2 с кислородными дефектами оптимизированы путем минимизации энергии решетки. Затем были рассчитаны локальные фононные плотности состояний для мод, проецируемых на смещение ближайших ионов, окружающих дефекты. Анализ фононных плотностей в идеальных и дефектных кристаллах позволил оценить влияние дефектов на колебательный спектр и определить частоты локализованных колебаний.

1. L. Skuja, B. Guttler, D. Schiel and A.R. Silin, Phys. Rev. B 58, 14296 (1998)
2. B.W.H. van Beest, G.J. Kramer and R.A. van Santen, Phys. Rev. Lett. 64, 1955 (1990)

ВЛИЯНИЕ ДОПИРОВАНИЯ ТИТАНОМ И ОКСИДОМ ТИТАНА НА СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЯ $Fe_{1.02}Se$

Кислов Е.В.[1], Лучников С.В.[1], Селезнёва 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 AND TITANIUM DIOXIDE DOPING ON THE SUPERCONDUCTING PROPERTIES OF THE $Fe_{1.02}Se$ COMPOUND

Kislov E.V.[1], Luchnikov S.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 the present study, it is shown that the joint doping of iron selenide with titanium and titanium dioxide leads to a deterioration of superconducting properties at low concentrations and a complete suppression of superconductivity at a dopant concentration $x \geq 0.1$.

Сверхпроводящие свойства слоистого селенида железа FeSe, обладающего температурой перехода $T_C \approx 8$ K, существенно зависят от замещений по подрешеткам металла и халькогена [1]. При этом внедрение атомов может производиться как на этапе синтеза добавлением элемента в шихту одновременно с исходными материалами, так и введением элементов в уже готовую матрицу [2]. Кроме того, помимо замещения по подрешеткам железа и халькогена, существенное влияние на свойства может оказывать внедрение атомов кислорода и отжиг в атмосфере кислорода [3], при котором, как предполагается, происходит деинтеркалация избыточных атомов железа.

Ранее нами было установлено, что соединение $Fe_{1.02}Se_{0.5}Te_{0.5}$, обладающее наибольшей критической температурой $T_C \approx 14.5$ K в ряду $Fe(Se_{1-x}Te_x)$, демонстрирует заметное улучшение транспортных свойств при допировании оксидом титана. Исходя из этого, целью данной работы является изучение влияния на сверхпроводящие свойства допирования титаном и диоксидом титана соединения $Fe_{1.02}Se$. Титан был выбран исходя из предположения, что при внедрении в структуру соединения он не будет иметь собственного магнитного момента, а также будет препятствовать образованию оксида железа.

В настоящей работе методом твердофазного синтеза в вакуумированных кварцевых ампулах при температуре 700 °C были синтезированы образцы $Fe_{1.02}SeTi_y(TiO_2)_y$ (y = 0.04, 0.1, 0.3). Аттестацию кристаллической структуры и фазового состава проводили с использованием рентгеновского дифрактометра Bruker D8 ADVANCE. Измерения температурных зависимостей сопротивления

образцов проводились четырёхзондовым методом с использованием криостата замкнутого цикла в интервале температур 5-300 К.

Установлено, что исходное соединение $Fe_{1.02}Se$, демонстрирующее сверхпроводящий переход при температуре 9.5 К, является двухфазным, и помимо сверхпроводящей тетрагональной фазы (пространственная группа P4/nmm) наблюдается небольшое количество гексагональной фазы (пространственная группа P3121).

Совместное допирование титаном и оксидом титана концентрации до y = 0.04 не изменяет фазовый состав в сравнении с исходным соединением. Дальнейшее увеличение концентрации титана и оксида титана существенно изменяет фазовый состав: основной фазой становится гексагональная, а сверхпроводящая тетрагональная отсутствует. Измерения температурных зависимостей электросопротивления показали, что допирование до y = 0.04 приводит к незначительному изменению ширины перехода, но значение критической температуры при этом не изменяется. Тип проводимости для соединений $Fe_{1.02}SeTi_{0.1}(TiO_2)_{0.1}$ и $Fe_{1.02}SeTi_{0.3}(TiO_2)_{0.3}$ меняется с металлического в исходном соединении на полупроводниковый.

В результате исследования было установлено, что в отличие от системы $Fe_{1.02}Se_{0.5}Te_{0.5}$ совместное допирование титаном и оксидом титана соединения $Fe_{1.02}Se$ не улучшает сверхпроводящие свойства, а при больших концентрация приводит к подавлению перехода в сверхпроводящее состояние.

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. 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).
3. Mizuguchi Y., Deguchi K., Tsuda S., Yamaguchi T., Takano T., Europhysics Letters, 90, 57002 (2010).

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА И МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В $Fe_3Se_{4-Y}X_Y$ (X=S, Te)

Ключарев М. Д.[1], Селезнева Н. В.[1], Шишкин Д. А.[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: Klyucharev-maksim@mail.ru

MAGNETIC PROPERTIES AND MAGNETOCALORIC EFFECT IN $Fe_3Se_{4-Y}X_Y$ (X=S, TE)

Klyucharev M. D.[1], Selezneva N. V.[1], Shishkin D. A.[2]

[1)] Ural Federal University, Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ekaterinburg, Russia
[2)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

In this work, we have synthesized and studied the physical properties of $Fe_3Se_{4-y}X_y$ (X = S, Te) compounds in order to study the effect of substitution in the anionic sublattice on the temperature of magnetic ordering and the magnitude of the magnetocaloric effect.

Исследование магнитокалорического эффекта (МКЭ) представляет фундаментальный интерес как с точки зрения физики материалов, так и с точки зрения инженерии. Помимо наиболее часто используемых материалов, обладающих большим МКЭ и содержащих благородные или редкоземельные элементы, интерес представляют материалы без содержания этих элементов в силу их большей доступности. Сплав Fe_3Se_4 – один из таких материалов.

К настоящему времени по результатам измерения намагниченности на наночастицах Fe_3Se_4 известна оценочная величина магнитокалорического эффекта – изменение магнитной энтропии (ΔS_M) и хладопроизводительность (RCP). При T_c = 317 K они составляют $\Delta S_M = 46 \times 10^{-2}$ Дж·кг$^{-1}$K^{-1} и RCP = 12.45 Дж·кг$^{-1}$ [1]. Предполагается, что замещение по анионной подрешетке селена в соединении Fe_3Se_4 на серу или теллур, имеющих меньший и больший ионный радиус по сравнению с селеном соответственно, позволит изменить температуру магнитного фазового перехода и, таким образом, сдвинуть максимум изменения ΔS_M в область комнатных температур.

В представленной работе выполнен синтез и исследование физических свойств соединений из системы $Fe_3Se_{4-y}X_y$ (X=S, Te) с целью определить составы, температура магнитного упорядочения которых лежит в комнатном интервале, с последующей оценкой величины их МКЭ.

Образцы были получены методом твердофазных реакций в вакуумированных кварцевых ампулах. Проведена аттестация кристаллической структуры на дифрактометре Bruker D8 Advance с использованием метода порошковой рентге-

новской дифракции. Исследованы магнитные свойства с помощью измерений полевых и температурных зависимостей намагниченности в интервале 2 К – 370 К на СКВИД-магнитометре MPMS и в интервале 300 К – 1000 К с помощью вибромагнетометра Lake Shore VSM 7407. Измерения температурных зависимостей сопротивления проводились 4-х контактным способом на постоянном токе с использованием автономного криостата замкнутого цикла CryoFree 204.

В ходе работы было установлено, что все синтезированные соединения системы изоструктурны и кристаллизуются в моноклинной сингонии с пространственной группой I2/m. Показано, что повышение концентрации серы в системе $Fe_3Se_{4-y}S_y$ приводит к немонотонному изменению температуры магнитного упорядочения. Также показано, что при замещении селена небольшим количеством теллура температура Кюри уменьшается. Определены концентрации серы и теллура, при которых в соединениях $Fe_3Se_{4-y}X_y$ (X=S, Te) магнитный фазовый переход наблюдается в области комнатных температур. Установлено, что величина хладопроизводимости объемных образцов $Fe_3Se_{3.9}S_{0.1}$ и $Fe_3Se_{3.75}S_{0.25}$ в области комнатных температур одного порядка с хладопроизводимостью соединения Fe_3Se_4 в наноструктурированном состоянии при температуре магнитного упорядочения.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FEUZ-2020-0054).

1. M. S. Bishwas and P. Poddar, J. Phys. D: Appl. Phys., 49, 195003 (2016)

СТРУКТУРНЫЕ ИСЛЕДОВАНИЯ ТВЕРДОГО РАСТВОРА $0{,}3K_{0,5}Bi_{0,5}TiO_3 – 0{,}7BaNi_{0,33}Sb_{0,67}O_3$ МЕТОДОМ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Кобяков И. Ю.[1]

[1)] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Воронежский государственный технический университет" (ВГТУ)

E-mail: kobyakov.vania@yandex.ru

STRUCTURAL STUDIES OF A SOLID SOLUTION OF $0{,}3K_{0,5}Bi_{0,5}TiO_3 – 0{,}7BaNi_{0,33}Sb_{0,67}O_3$ BY SCANNING ELECTRON MICROSCOPY

Kobyakov I. Y.[1]

[1)] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Voronezh State Technical University" (VSTU)

This paper presents the results of structural studies of a solid solution of $0{,}3K_{0,5}Bi_{0,5}TiO_3 – 0{,}7BaZn_{0,33}Sb_{0,67}O_3$ by scanning electron microscopy.

Цирконат-титанат свинца $Pb(Zr,Ti)O_3$ (PZT) и его твердые растворы являются основными промышленными сегнетоэлектрическими материалами и которые имеют структуру перовскита [1]. Но проблемой данных материалов является ядовитость оксида свинца и одновременно с этим данную проблему усугубляет его легколетучесть при спекании. Поэтому во всем мире ведется поиск новых сегнетоэлектрических материалов и их твердых растворов с высокими значениями своих характеристик в составе которых отсутствовал бы оксид свинца.

По керамической технологии был получен новый твердый раствор $0{,}3K_{0,5}Bi_{0,5}TiO_3 - 0{,}7BaZn_{0,33}Sb_{0,67}O_3$. Для определения фазового состава и степени гомогенности материала был сделан снимок поверхности скола образца в растровом электронном микроскопе (РЭМ) и проведен его элементный анализ (рисунок 1).

На снимке видны зерна разного размера (от 1,3 мкм до 5,5 мкм) и формы, поэтому элементный анализ проводился в шести разных зонах. Самое близкое к расчетному соотношение элементов твердого раствора наблюдается в спектре 9. В остальных спектрах происходит частичное замещение атомов соединения $BaZn_{0,33}Sb_{0,67}O_3$ атомами $K_{0,5}Bi_{0,5}TiO_3$, из-за чего в этих зонах происходит нарушение стехиометрии. Данный факт объясняет наличие в структуре такого большого набора форм зерен.

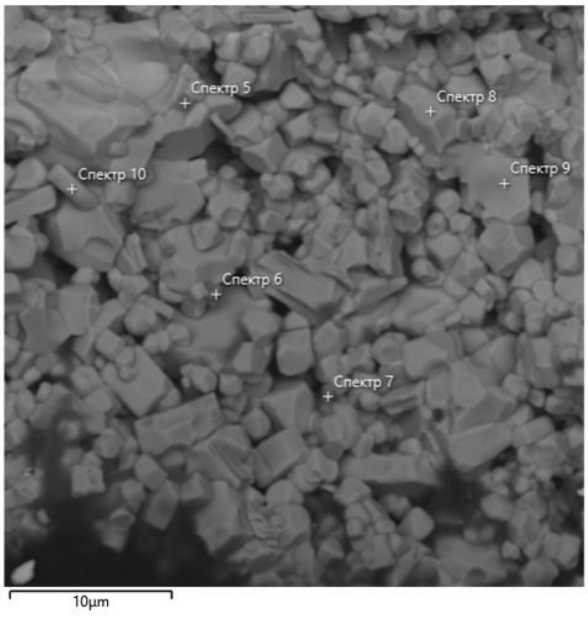


Рис. 1. Фотография поверхности скола

1. N. Setter, R. Waser, Electroceramic Materials, Acta mater, 2000, Vol. 48, P. 151 – 178.

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ САПФИРА, ОБЛУЧЕННЫХ ИОННЫМ ПУЧКОМ Kr^{19+}

Костылев В. Е.[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: kostilevvi@gmail.com

LUMINESCENT PROPERTIES OF SAPPHIRE SINGLE CRYSTALS IRRADIATED WITH Kr^{19+} ION BEAM

Kostylev V. E.[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 optical properties and luminescence of sapphire irradiated with Kr^{19+} (145 MeV) ion beam were studied. The ion irradiation leads to the F, F+, and F2 centers formation in sapphire. Nonmonotonic dependence of the optical absorption of F-type centers on the ion irradiation dose was found.

Монокристаллический сапфир обладает высоким электрическим сопротивлением (10^{14} Ом·м), благодаря чему широко используются в качестве диэлектрического материала при производстве интегральных микросхем [1]. Повышенная стойкость к радиации позволяет использовать его при производстве интегральных микросхем, работающих на АЭС и в космосе [2]. Известно, что воздействие тяжелых заряженных частиц на твердые тела приводит к генерации в облучаемом слое механических напряжений, радиационных дефектов, которые влияют на функциональные свойства материалов. Облучение сапфира ионами с энергией выше пороговой может приводить к образованию в нем точечных дефектов по Френкелю, представляющих собой пару, состоящую из катионной (анионной) вакансии и межузельного катиона (анион). Анионные вакансии могут захватывать электроны, образуя дефекты F-типа [3], которые во многом определяют люминесцентные и оптические свойства сапфира. Целью данной работы является изучение радиационных дефектов, образующихся в сапфире при облучении высокоэнергичными ионами Kr^{19+} (145 МэВ), люминесцентными и оптическими методами.

Были исследованы оптически прозрачные монокристаллы сапфира (содержание примесей Ti и Cr не превышало 0,5 ppm). Облучение ионами Kr^{19+} (145 МэВ) осуществлялось на ускорительном комплексе DC-60 (Казахстан, г. Нур-Султан), значения флюенсов составляли 10^{17} ион/м^2, $5\cdot10^{17}$ ион/м^2, 10^{18} ион/м^2. Было произведено моделирование ионного облучения с использованием программы TRIM, в результате которого определен средний пробег ионов Kr^{19+} в сапфире, который

составлял 12,1 мкм. Были рассчитаны дозы, поглощенные образцами при ионном облучении: 48, 240 и 480 МГр. Спектры оптического поглощения (ОП) регистрировались с использованием двухлучевого спектрофотометра Lambda 35 в спектральном диапазоне от 190 до 900 нм. Спектры фотолюминесценции (ФЛ) регистрировались спектрометром LS-55 (ФЭУ R928). Возбуждение ФЛ осуществлялось ксеноновой лампой (150 Вт).

Установлено, что ионное облучение приводит к возникновению дефектов, поглощающих свет в диапазоне энергий от 4 до 6,5 эВ. Для идентификации радиационных центров, образующихся при облучении, было произведено разложение на Гауссианы радиационно-индуцированного оптического поглощения (RIOD) (Рисунок 1a), являющегося разностью спектра оптического поглощения облученного и необлученного кристалла. Были обнаружены полосы поглощения, связанные с F-центром (5,9 эВ), F^+-центров (5,4, 4,8 эВ) и F_2-центрами (4,2 эВ).

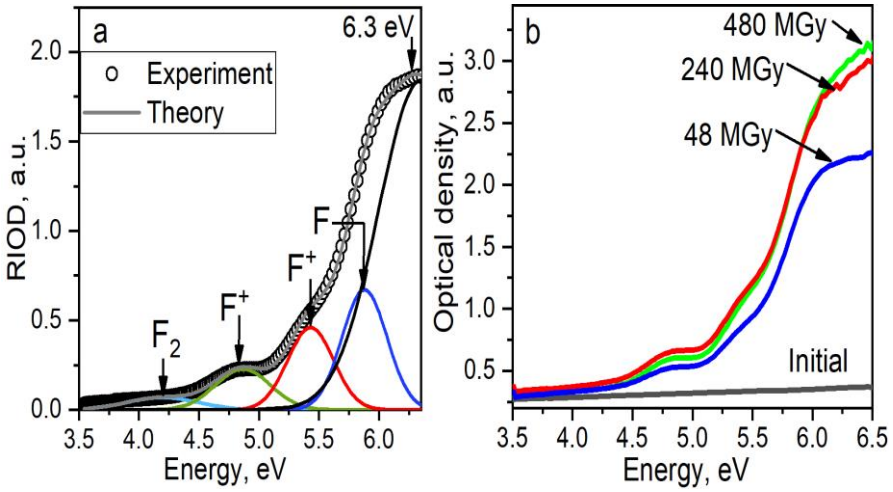


Рис. 1. Спектры ОП сапфира, облученного различными дозами Kr19+ (a), и разложение радиационно-индуцированного ОП на Гауссианы (доза 240 МГр) (b)

Принадлежность полосы поглощения при 6,2 эВ к определенному центру однозначно не установлена, есть мнение, что данная полоса может быть связана с F^+-центром [4]. Обнаружена немонотонная зависимость оптического поглощения обнаруженных центров F-типа от дозы ионного облучения. Поглощение растет до 240 МГр, а затем при 480 МГр падает. Полученное немонотонное поведение было также подтверждено методом ФЛ.

1. Dobrovinskaya E. R., Lytvynov L. A., Pishchik V. Sapphire: material, manufacturing, applications, Springer Science & Business Media (2009)
2. Белоус А., Солодуха В., Шведов С. Космическая электроника. Книга 1, Техносфера (2015)
3. Evans B. D., Journal of nuclear materials, 219, 202-223 (1995)
4. Вайнштейн И. А., Кортов В. С., Физика твердого тела, 42, 7, 1223-1229 (2000)

TEMPERATURE BEHAVIOR OF THE ABSORPTION EDGE IN Bi-IMPLANTED HONGAN SILICA GLASS

Koubisy M. S. I.[1, 2], Zatsepin A. F.[1], Biryukov D. Yu.[1], Shtang T. V.[1], Mamonov A.P.[1], Gavrilov N. V.[3]

[1)] Institute of Physics and Technology, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia.
[2)] Physics Department, Faculty of Science, Al-Azhar University, 71524 Assiut, Egypt.
[3)] Institute of Electrophysics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Amundsen 106, 620016 Yekaterinburg, Russia

E-mail: M.S.I.Koubisy@gmail.com

The effect of thermal and structural disorder on the electronic structure of glass silicon dioxide (Hongan Silica Glass) irradiated with 30 KeV bismuth ions $\Phi = 1\times 10^{17}$ cm^{-2} is investigated by the McPherson VuVAS 1000PL VUV spectrometer in the 120-500 nm wavelength range

Exponential optical absorption edge (or Urbach edge) are a well-known feature in the optical properties of crystalline and amorphous semiconductors and dielectrics [1]. Even though the theory has unanswered specifics, there is general knowledge. For crystalline semiconductors, it is accepted that the exponential slope of band tails is a direct measure of temperature-induced disorder and represents the thermal occupancy of the crystal phonon states. This understanding implies that the Urbach edge in amorphous dielectrics should contain a temperature-independent part, in which there is an additional non-thermal component of the disorder. We measured the optical absorption edge at various temperatures in Bi-implanted Hongan silica glass to estimate the relative proportion of each of the two components and compare the effects of structural and thermal disorder. As the temperature rises from T = 8 to 400 K, the optical absorption of the samples shifts to the low-energy region and decreases the spectral slope, becoming flatter. It should be noted that with hv = 8.73 eV and $A_0 = 64.66$ cm^{-1} coordinates all spectral dependences have a mutual intersection point.

At different temperatures, the set of spectra of the optical absorption edge of the samples takes on a "fan-shaped" form, which corresponds to the so-called "crystal" type of Urbach rule, determined by the following relation [2,3]:

$$\alpha(h\nu,T,X)=A_0 \exp((h\nu-E_g(T))/(E_U(T,X)))$$

where A_0 is a constant, $E_g(T)$ means the temperature dependence of Energy gap, hν indicated photon energy and E_U (T, X) is Urbach energy which characterizes general static and dynamic disorder in a material.

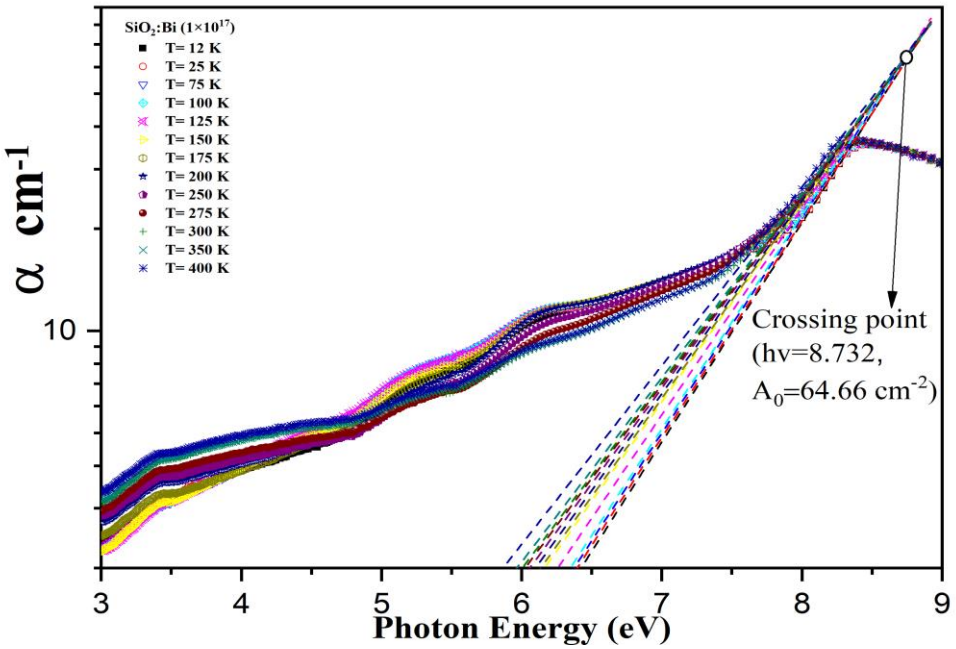


Fig. 1. Optical absorption coefficient α, as a function of photon energy for Hongan silica glass with implemented Bi ions ($\Phi = 1 \times 10^{17}$ cm^{-2}). The solid symbols refer to data obtained at different measurement temperatures, T. Intersection point (bold white circle) is located

After implantation of the samples with bismuth ions [4], we investigated the dynamic disordering of the atomic structure of Hongan optical silica glass at various temperatures. The revealed patterns were analyzed in conjunction with the data of the study of the static disorder of the samples, which were obtained and published earlier [5]. The research results were interpreted within the framework of the quasi-dynamic approach, which considers the temperature of the material and the fluence of ion implantation as equal factors of dynamic and static disorder of the atomic structure of matter.

1. Tauc (Plenum, London, 1976), Chap. 6; M. V. Kurik, Phys. Status Solidi (a) 8, 9 (1971).
2. Anatoly F. Zatsepin, Dmitry Yu Biryukov, Dmitry A. Zatsepin, Tatiana V. Shtang, and Nikolay V. Gavrilov, J. Phys. Chem. C, 123 (2019) 29324−29330.
3. A. Zatsepin, Y. Kuznetsova, D. Zatsepin, D. Boukhvalov, N. Gavrilov, M. Koubisy, Physica Status Solidi (A) Applications and Materials Science, 2019, 216(3), 1800522
4. D.A. Zatsepin, A.F. Zatsepin, D.W. Boukhvalov, N.V. Gavrilov, J. Alloys Compd. 829 (2020) 154459
5. J. S. Galiulina, A. P. Mamonov, M. S. I. Koubisy, T. V. Shtang, D. Yu. Biryukov, N. V. Gavrilov, A. F. Zatsepin. AIP Conference Proceedings 2313 (2020) 030015,

РАССЕЯНИЕ УЛЬТРАКОРОТКИХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА НАНОСИСТЕМАХ С ДЕФЕКТАМИ

Кривополенов Н. В.[1], Макаров Д. Н.[1]

[1)] Северный (Арктический) Федеральный Университет, Архангельск, Россия, 163002
E-mail: krivopolenov.n@yandex.ru

SCATTERING OF ULTRASHORT LASER PULSES BY NANOSYSTEMS WITH DEFECTS

Krivopolenov N. V.[1], Makarov D. N.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia, 163002

In this paper, expressions are obtained for calculating the spectral distributions of one-dimensional, two-dimensional, and three-dimensional polyatomic nanosystems composed of identical complex atoms with defects such as bends, vacancies, and discontinuities.

Наноструктурированные мишени и кристаллы представляют собой или являются аналогами дифракционные решетки для рентгеновского излучения. Явление дифракции рентгеновских лучей на различного рода структурах описывается как рассеяние плоских волн бесконечной длительности по времени [1]. Процессы же рассеяния ультракоротких лазерных импульсов электромагнитного поля на такого рода структурах до настоящего времени мало исследованы.

Хотя подобные процессы могут дополнить рентгеноструктурный анализ возможностями спектроскопии с высоким временным разрешением, связанной, в том числе, с аттосекундной спектроскопией и аттосекундной метрологией [2]

Тем не менее, до настоящего времени лишь незначительное количество работ посвящено исследованиям процессов дифракции при рассеянии ультракоротких лазерных импульсов различного рода регулярными мишенями [3,4].

В настоящей работе изучено влияние присутствия дефектов в наноструктурированных системах на дифракционные спектры при рассеянии ультракоротких лазерных импульсов. Получены выражения для расчетов спектральных распределений одномерными, двухмерными и трехмерными многоатомными наносистемами, составленными из одинаковых сложных атомов с дефектами типа изгибов, вакансий и разрывов. В качестве примеров, допускающих простое аналитическое представление, проведены расчеты изменений интерференционных спектров: линейной цепочкой с дефектом (цепочка с разрывами), линейной цепочкой с изгибом. Развито обобщение на двух- и трехмерные наносистемы. Предложенный подход непосредственно может быть распространен на более общие типы дефектов.

Работа поддержана Грантом Президента РФ №МД-4260.2021.1.2. и государственным заданием РФ №0793-2020-0005.

1. John M. Cowley Di_raction Physics (North-Holland, Amsterdam), 1975.

2. Krausz F., Ivanov M. Rev. Mod. Phys. 81, 163 (2009).
3. Макаров Д.Н., Матвеев В.И. ЖЭТФ, Т. 144, 905 (2013).
4. Eseev M., Goshev A., Makarov D. Scattering of ultrashort x-ray pulses by various nanosystems // Nanomaterials, 2020, 10(7),. 1–13, 1355

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АЛАНИНА С БОРО-КАРБОНО-НИТРИДОВЫМ СЛОЕМ

Кудинова М. С.[1], Борознина Е. В.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет

E-mail: mari_kudi99@mail.ru

DENSITY FUNCTIONAL THEORY CALCULATIONS FOR THE INTERACTION BETWEEN ALANINE AND B-C-N SHEET

Kudinova M. S.[1], Boroznina E. V.[1]

[1)] Volgograd state University

Amino acids(AA) produce for medicine. We need the simple fast method for identification AA in a substances. Sensory method is based on a different reaction between a sensor and moleculars. AAs present in aqua solutions. We have studied the interaction of the sensor coating with H_2O molecule and AA.

Тема нашего исследования является важным элементом в понимании взаимодействия аминокислот и двумерных наноматериалов, которые в настоящее время все чаще находят свое применение в нанобиотехнологии и наномедицине. Результаты исследований [1] показали, что новый двумерный слой BCN демонстрирует более высокую прочность связывания, чем графен и нитрид бора. Аминокислоты представлены в водных растворах, поэтому необходим одновременный анализ взаимодействия сенсорного покрытия с молекулой H_2O и аминокислотой.

Расчеты с использованием теории функционала плотности (DFT) [2] показали, что молекулы аминокислоты и воды активно адсорбируются на поверхности слоя. В качестве адсорбционных центров нами были выбраны разные атомы гексагона. Профили поверхностей потенциальных энергий взаимодействий аминокислоты и воды со слоем BCN качественно подобны и имеют отчетливый минимум энергии. Глубина потенциальной ямы отождествляется нами с энергией адсорбции, которая в среднем составила для аланина 0,03 эВ и для воды 0,19 эВ. Анализ зонного строения структур выявил уменьшение ширины запрещённой зоны (ΔEg) слоя BCN с молекулой аланина на его поверхности на 0,06 эВ. Мы считаем, что BCN слой в нашем случае мог бы сыграть роль сенсора, а изменение запрещенной зоны, вызванное присутствием на поверхности молекулы аланина, характерным откликом.

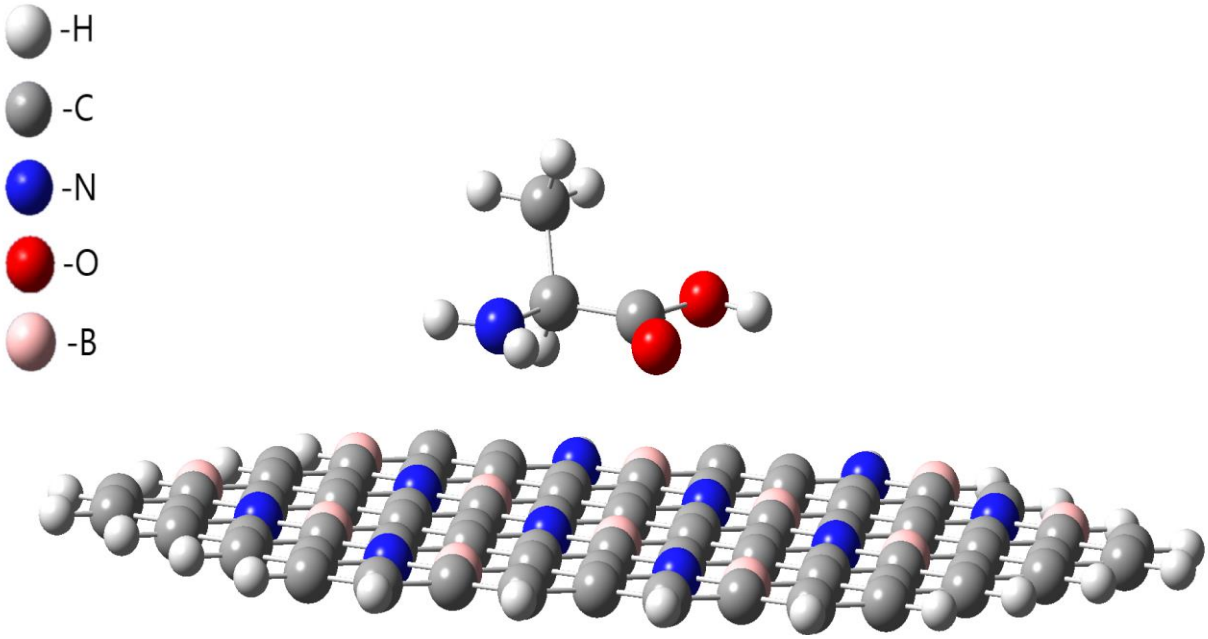


Рис. 1. Слой BCN с молекулой аланина

1. Sh. Mir, V. Yadav, J. Singh, ACS Omega, 4, 3732−3738 (2019).
2. R. G. Parr and Y. Weitao, Density-Functional Theory of Atoms and Molecules, Oxford University Press, (1989).

HYSTERESIS PROPERTIES AND MAGNETIZATION REVERSAL IN FeMn/FM (FM=Co, Fe, Ni, FeNi) FILMS WITH EXCHANGE BIAS

Kulesh N.A.[1], Pushkarev I.A.[1], Gorkovenko A.N.[1],
Moskalev M.E.[1], Vas'kovskiy V.O.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute for Metal Physics, Ural Division of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

E-mail: nikita.kulesh@urfu.ru

Angular dependencies of hysteresis properties of various ferromagnetic layers exchange coupled to a pinning antiferromagnetic layer have been investigated experimentally. The results have been interpreted and analyzed in detail using macrospin approximation and micromagnetic simulation.

Exchange bias (EB) is an interfacial phenomenon that appears between two magnetically ordered systems, which are often represented by relatively thin ferromagnetic (FM) and antiferromagnetic (AFM) or ferrimagnetic layers. Although EB was studied extensively since its discovery and many models explaining hysteresis properties of FM layer were proposed, a universal model allowing to predict all the accompanying effects, including asymmetry of the hysteresis loops, training effect, enhanced coercivity etc. is still lacking. Here we study the possibility to reproduce various effects appearing in nanocrystalline FeMn/FM (FM = Co, Ni, Fe, FeNi) bilayers by means of simple phenomenological model and micromagnetic simulation.

Ta(5nm)/FeNi(5nm)/FeMn(20nm)/FM(40nm)/Ta(5nm) samples were deposited onto the glass substrates by magnetron sputtering. Seed Ta and FeNi layers were used to promote fcc crystal structure in FeMn layer. Crystal structure of deposited layers was studied by means of x-ray diffraction. Magnetic properties were analyzed by vibrating sample magnetometry and Kerr microscopy, which allowed us to obtain absolute values of magnetization, measure hysteresis loops by applying magnetic field at different angles, and to observe magnetic domain structure. For interpretation of experimental results modified Stoner–Wohlfarth (SW) model (phenomenological model) and mumax3 micromagnetic program were used.

The SW model [1] was used to reproduce rather well shapes of hysteresis loops and angular dependencies for systems with strong unidirectional anisotropy and weak uniaxial anisotropy (e.g. $Fe_{20}Ni_{80}$ and $Fe_{10}Ni_{90}$). It was also useful for reproducing the effect of noncollinearity of axis and direction of easy magnetization, the presence of combined onefold and manyfold anisotropies, and for introducing the dispersion of easy axes typical the polycrystalline state. However, in a more complex case where energies of uniaxial and unidirectional anisotropies are comparable and magnetic domain structure cannot be ignored, the SW model could only give a very rough approximation. In this case we employed a micromagnetic simulation using an approach similar to the one described in [2] and replaced the AFM layer with FM material. It allowed us to reproduce naturally the increased coercivity, the nonsymmetrical shape of the FM

hysteresis loop, and to obtain magnetic domain structure similar to the experimentally observed one. As a result, the micromagnetic simulation was successfully used to supplement the SW modelling and to reproduce and interpret experimental data obtained on samples containing FM layers with higher uniaxial anisotropy (Co, Ni, Fe).

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. J. De Clercq et al., J Phys. D: Appl. Phys. 49 (2016), 435001

XPS SPECTRA OF $A_3B_2X_9$ LEAD-FREE PEROVSKITES

Zhidkov I.S.[1, 2], Yamilova O.R.[3], Losev T.S.[1], Troshin P.A.[3], Kurmaev E.Z.[1, 2]

[1)] Institute of Physics and Technology, Ural Federal University
[2)] M.N.Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences
[3)] Institute for Problems of Chemical Physics of the Russian Academy of Sciences
E-mail: i.s.zhidkov@urfu.ru

The results of XPS study of $A_3B_2X_9$ (A=MA, FA, Cs; B=Sb, Bi; X=I, Br) lead-free perovskites are presented.

The electronic structure of $A_3B_2X_9$ (A=MA, FA, Cs; B=Sb, Bi; X=I, Br) lead-free perovskites prepared on glass substrates before and after light soaking and heat stress is studied with help of X-ray photoelectron spectra (XPS) measurements and density functional theory (DFT) calculations. It is found that organic cations (MA-methylammonium and FA-formamidinium) in these perovskites are partially decomposed under irradiation and annealing which induced their degradation. According to XPS measurements the light soaking induces the migration of oxygen ions from the SiO2 substrate which leads to partial oxidation of antimony ions in the $A_3Sb_2X_9$ (A=MA, FA; X=I, Br) perovskites. On the other hand, the heat stress leads to the decomposition of organic cations in the perovskite layer with formation MAI and SbI3 products of degradation and formation of voids in perovskite layers. The use of inorganic cation (Cs) provides the permanence of perovskite to these external influences, which ensures high photochemical and thermal stability of the $Cs_3Sb_2X_9$ (X=I, Br) perovskites.

This study was supported by Russian Foundation for Basic Research (Project 20-42-660003)

1. I.S. Zhidkov et al. Nano Energy 79, 105421 (2021)

ВЛИЯНИЕ ОСВЕЩЕНИЯ НА ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ТОНКИХ ПЛЕНОК CdPbS

Кутявина А.Д.[1], Селянин И.О.[1, 2], Уймин С.Н.[1], Маскаева Л.Н.[1, 3]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: n-kutyavina@mail.ru

THE EFFECT OF ILLUMINATION ON THE CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS AND THE CONDUCTIVITY OF THE CdPbS THIN FILMS

Kutyavina A.D.[1], Selyanin I.O.[1, 2], Uimin S.N.[1], Maskaeva L.N.[1, 3]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of solid state chemistry of UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[3)] Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Yekaterinburg, Russia

The results of a study of the effect of illumination on the current-voltage characteristics of CdPbS thin films are presented. The current of the illuminated samples is approximately 10 times higher than the current of the non-illuminated ones due to the generation of additional electron-hole pairs.

Твёрдые растворы CdPbS − хорошо изученные материалы для микроэлектроники, которые нашли свое применение в различных устройствах: от солнечных элементов [1] до детекторов инфракрасного излучения [2] благодаря варьированию свойств узкозонного PbS за счет введения широкозонного сульфида кадмия (Eg = 2.42 эВ). Одним из самых простых и экономичных методов получения тонких пленок CdPbS является метод гидрохимического осаждения, не требующий сложного и дорогостоящего оборудования, а возможность легкого изменения состава позволяет регулировать структуру, морфологию, и, следовательно, функциональные свойства получаемых покрытий.

Вольтамперные характеристики (ВАХ) полупроводниковых структур являются наиболее доступными для экспериментальных исследований и дают ценную информацию об особенностях генерации, рекомбинации и переноса носителей заряда в этих системах. На рисунке 1 показаны вольтамперные характеристики полупроводниковых плёнок CdPbS с никелевыми электродами. Регистрация ВАХ проводилась в диапазоне приложенного напряжения 0 до 10 В с шагом 0.15 мкВ двухзондовым методом как в темноте, так и при освещении пучком света от симулятора солнечного излучения Zolix GLORIA-X500A в стандартных условиях: спектр AM1.5G, освещённость 100 мВт/см^2, температура 298 K.

Линейный вид полученных зависимостей, проходящих через начало координат, говорит об омическом механизме проводимости во всём диапазоне прикладываемых напряжений исследуемых образцов. Увеличение силы тока после освещения поверхности плёнок CdPbS говорит о наличии фотопроводимости, которая обусловлена генерацией дополнительных электронно-дырочных пар, возбуждаемых падающим светом [3]. Уменьшение угла наклона ВАХ слоев с ростом содержания соли кадмия $CdCl_2$ (0.01 - 0.08 моль/л) в реакционной ванне связано с ростом сопротивления полученных слоев от 4.5 до 15 и 18 МОМ, соответственно, и, следовательно, уменьшением их электропроводности.

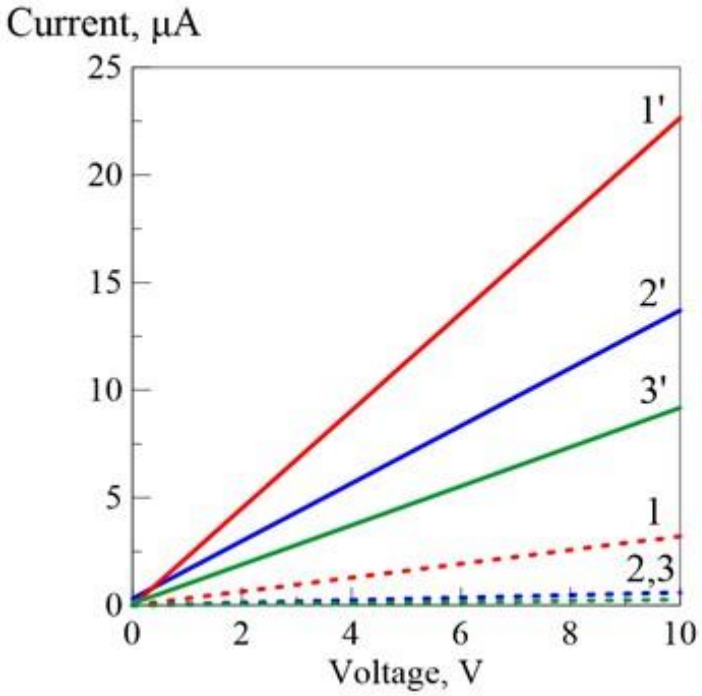


Рис. 1. Вольтамперные характеристики, снятые без освещения (1,2,3) и при спектре AM1.5G (1',2',3'), пленок CdPbS, полученных из реакционной смеси, содержащей $[Pb(CH_3COO)_2]$ = 0.04 моль/л и различные концентрации $[CdCl_2]$, моль/л: 1,1' – 0.01; 2,2' – 0.04; 3,3' – 0.08

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № Н687.42Б.223/20) и при финансовой поддержке гранта РФФИ 20-48-660041р_а.

1. . Hernandez-Borja, Y.V. Vorobiev and R. Ramirez-Bon. Sol. Energy Mater. Sol. Cells, 95, Iss. 7, 1882−1888 (2011).
2. .Н. Маскаева, В.Ф. Марков, М.Ю. Порхачев и О.А. Мокроусова, Пожаровзрывобезопасность, 24, № 9, 67−73 (2015).
3. R.H. Bube, Photoelectronic Properties of Semiconductors, Cambridge University Press, p. 83, 90, 100 (1992).

ВЛИЯНИЕ НЕСТЕХИОМЕТРИИ НА ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ QDS ZnS В ВОДНОМ РАСТВОРЕ

Кузнецова Ю.В.[1], Попов И.Д.[1], Ремпель А.А.[2, 3]

[1)] Институт химии твердого тела Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт металлургии Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: jukuznetsova@mail.ru

THE EFFECT OF NONSTOICHIOMETRY ON ZnS QDS LUMINESCENCE IN AQUEOUS SOLUTION

Kuznetsova Yu.V.[1], Popov I.D.[1], Rempel A.A.[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)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The effect of the precursor nonstoichiometry on the stability and luminescence of ZnS QDs capped by 3-mercaptopropyltrimethoxysilane in an aqueous solution is reported. The excess of zinc ions both increases the colloidal stability and leads to the increase of the ZnS QDs luminescence intensity.

Люминесценция полупроводниковых наночастиц бинарных соединений определяется не только их размером или количественным распределением, но и стехиометрическим соотношением в каждой из подрешеток. Изменение этого соотношения связано с появлением дефектов в атомной структуре, что влияет на спектр и интенсивность люминесценции. Такими дефектами выступают междоузельные ионы цинка и серы, вакансии серы и цинка, а также дефекты поверхности. Все эти дефекты обладают высоким сечением захвата носителей заряда, создают искажения плотности состояний, а их энергетические уровни расположены внутри запрещенной зоны. Оптические и другие свойства становятся зависимыми от свойств и концентрации дефектов, поскольку таким образом появляются дополнительные каналы излучательной и безызлучательной рекомбинации.

Цель данного исследования – установить влияние нестехиометрии на оптические свойства наночастиц сульфида цинка (ZnS), синтезированных в водном растворе с применением 3-меркаптопропилтриметоксисилана (MPS) в качестве стабилизатора.

Для изучения влияния нестехиометрического соотношения исходных реагентов на оптические свойства ZnS были синтезированы коллоидные растворы с избытком ионов цинка или серы. В качестве образца сравнения использовали коллоидный раствор, полученный при стехиометрическом соотношении исходных реагентов. Полученные образцы исследованы методами динамического рассеяния света, абсорбционной и люминесцентной спектроскопии.

В ходе работы была модифицирована предложенная ранее методика синтеза [1]. Оптимизация методики позволила получить стабильные коллоидные растворы наночастиц ZnS с концентрацией 1.6 мМ и мольным соотношением Zn:MPS=1:0.5. Средний гидродинамический диаметр частиц составил 29 нм, а дзета-потенциал минус 40 мВ. Полученные образцы проявляют интенсивную люминесценцию в области длин волн 320-500 нм, которая сохраняется на протяжении нескольких месяцев, свидетельствуя о высокой фотостабильности наночастиц ZnS с оболочкой на основе MPS.

Работа выполнена по Государственному заданию ИХТТ УрО РАН.

1. Kuznetsova Y.V., Popov I.D., Rempel A.A. AIP Conference Proceedings, V. 2313, P. 030021 (2020).

PRESSURE EFFECT ON CRYSTAL STRUCTURE OF BISMUTH TUNGSTATE Bi_2WO_6

Lis O.N.[1, 2], Kichanov S.E.[1], Belozerova N.M.[1], Lukin E.V.[1], Balakumar S.[3], Savenko B.N.[1]

[1)] Frank Laboratory of Neutron Physics, JINR, 141980 Dubna, Moscow Reg., Russian Federation

[2)] Kazan Federal University, 420008, Kazan, Russian Federation

[3)] National Centre for Nanoscience and Nanotechnology, University of Madras, 600025, Maraimalai Campus, Chennai, India

E-mail: lisa_9477@mail.ru

The structural phase transitions in Bi_2WO_6 have been investigated by neutron diffraction and Raman spectroscopy at high-pressures. Two phase transitions under pressure were observed in the pressure range up to 7 GPa, which are associated with rotations and tilts of the octahedral WO6.

Bi_2WO_6 has been intensively studied for its various potential industrial applications. This compound shows marked spontaneous polarization among bismuth-bearing ferroelectric compounds with layered structure even at high temperature (ferroelectric Curie point T_C = 960C) [1, 2]. The Raman spectroscopy measurements at high pressure revealed that Bi_2WO_6 experiences two possible second order structural transformations [3,4]. However, the pressure effect on the crystal structure parameters of Bi_2WO_6 are scarce. It should note, the high pressure studies of the ferroelectric phase evolution, especially in the vicinity of para-ferroelectric phase transition are essential in order to reveal its formation mechanisms upon variation of interatomic distances.

In present work was performed neutron diffraction studies of the compound of Bi_2WO_6 at high pressure. Neutron powder diffraction measurements at ambient and

high pressures up to 7 GPa were performed at room temperatures with the DN-12 diffractometer at the IBR-2 high-flux pulsed reactor [FLNP, JINR, Dubna, Russia] using the sapphire anvil high-pressure cell. In order to improve the understanding of the lattice instabilities the Raman spectroscopy studies of the vibration spectra of the Bi_2WO_6 under pressure up to 30 GPa were performed.

The lattice compression of the unit cell is anisotropic with the most compressible of b parameter and weakly compressible a and c lattice parameters. At P ≈ 3.5 GPa anomalies in pressure behavior of lattice parameters were observed, which are affected by the phase transition (from $Pca2_1$ to B2cb space group). Evidence of a phase transitions is also seen in the pressure dependences of interatomic angles and distances. The first pressure-induced phase transition from the initial orthorhombic phase with the space group $Pca2_1$ to the orthorhombic phase with the space group B2cb was observed at pressures above 3.5 GPa. This phase transition is associated with the rotation of the WO_6 octahedra. The second phase transition to the same orthorhombic B2cb phase has been observed at 5.9 GPa. The changes in both the mutual rotation and tilting relative to the crystal b-axis of the oxygen octahedra accompany this phase transition.

The work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grant RFBR N19-52-45009 IND_a.

1. M. Hamada, H. Tabata, T. Kawai, Microstructure and dielectric properties of epitaxial Bi2WO6 deposited by pulsed laser ablation, Thin Solid Films. 306 (1997) 6–9.
2. K.S. Knight, The crystal structure of ferroelectric bi2w06 at 961 k, Ferroelectrics. 150 (1993) 319–330.
3. N.A. McDowell, K.S. Knight, P. Lightfoot, Unusual high-temperature structural behaviour in ferroelectric Bi 2WO6, Chem. - A Eur. J. 12 (2006) 1493–1499.
4. M. MacZka, J. Hanuza, W. Paraguassu, A.G.S. Filho, P.T.C. Freire, J.M. Filho, Phonons in ferroelectric Bi2 W O6: Raman and infrared spectra and lattice dynamics, Appl. Phys. Lett. 92 (2008) 10–13. https://doi.org/10.1063/1.2896312.

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПОЛИМЕРОВ В ВОДНОЙ СРЕДЕ МЕТОДАМИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Логинова А. С.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск

E-mail: loginova.a.s@edu.narfu.ru

DETECTION OF DIFFERENT TYPES OF POLYMERS IN AQUEOUS MEDIUM BY DIELECTRIC SPECTROSCOPY METHODS

Loginova A. S.[1]

[1)] Northern Arctic Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk

This paper presents the results of a study of the resistance of various types of microplastics to ultrasonic / cavitation effects. The possibility of its detection in an aqueous medium by means of dielectric relaxation spectroscopy is considered.

На сегодняшний день исследования в области экологии являются достаточно актуальными. Большое количество работ авторы посвящают исследованию частиц микропластика (размеры, которых меньше 0,5 мм) пластика и их влиянию как на окружающую среду, так и на живые организмы. Так в работе [1] исследуются источники микропластика в морской среде и его влиянии на организмы. В работе [2] ученые установили зависимость наличия микропластика в водной среде от плотности заселения и производства в прибрежной зоне [2]. В статье [3] затрагиваются различные методы удаления микропластика на глобальных очистных сооружениях и очистке питьевой воды.

Для нашего эксперимента был использован пластик различных видов, который классифицируются как 1PETE, 3V и 5PP. Каждый вид пластика был подвержен ультразвуковой диспергации в дистиллированной воде, диспергатором МЭФ 91.1, в связи с чем пластик разлагался по причине кавитации и ультразвукового воздействия на микро-составляющие, которые попадали в водную среду. Концентрация микропластика в дистиллированной воде также была определена. Затем в полученном растворе дистиллированной воды с микропластиком мы выявляли наличие микропластика посредством электронной микроскопии (СЭМ). Изображение было получено при помощи электронного сканирующего микроскопа Vega Tescan 3.

Раствор был помещен в измерительную ячейку прибора Novocontrol concept 80, где в переменном электрическом поле в области частот от 0,01 Гц до 10 МГц проводились измерения диэлектрических релаксационных характеристик, которые приводятся на рисунке 1. Измеряемые величины: проводимость σ, мнимая и действительная части ε2 и ε1 диэлектрической проницаемости.

В результате работы были измерены прочностные свойства пластика после воздействия на них ультразвука и кавитации; получены характерные частотные

диаграммы зависимости проводимости от частоты, которые позволяют судить о наличии пластика в водной среде. Авторы отмечают, что данный метод диэлектрической релаксационной спектроскопии чувствителен к детектированию пластика в среде.

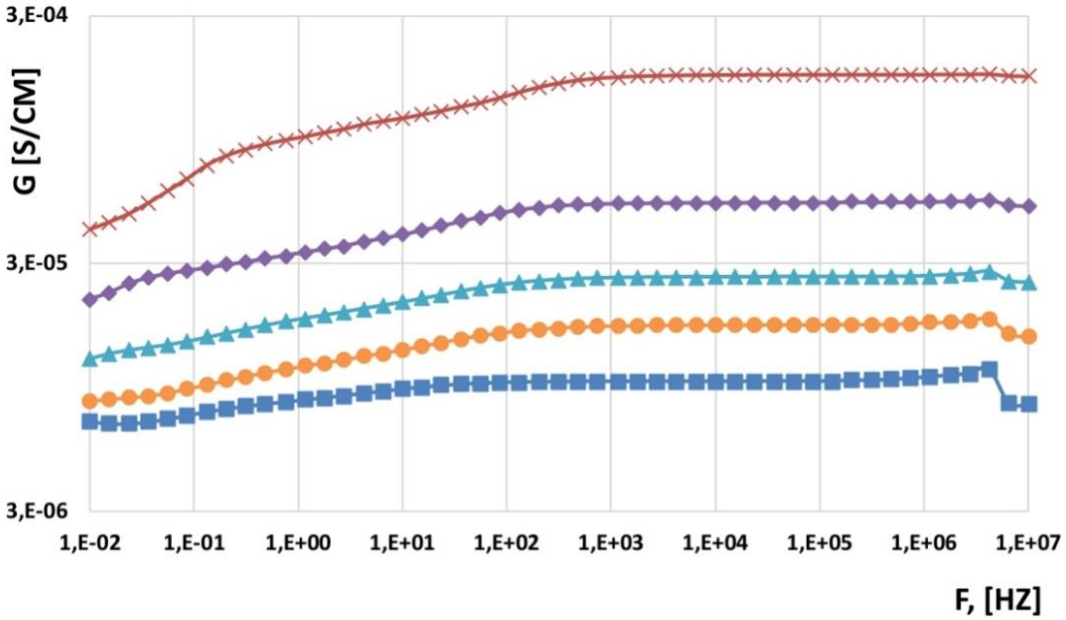


Рис. 1. Зависимость проводимости от частоты для чистой дистиллированной воды и раствора с микропластиком классификации 5PP. × - n = 0.0024%, ◆ - n/4, ▲ - n/8, ● - n/16, ■ – дистиллированная вода.

1. N.L.Fahrenfeld, Georgia Arbuckle-Keil, Nasrin Naderi Beni, Shannon L., Bartelt-Hunt. TrAC Trends in Analytical Chemistry. 248-254 (2019).
2. Érikade Faria, Pierre Girarda, Carolina Silva Nardes, Andressa Moreschi, Susete Wambier Christo, Augusto Luiz Ferreira Junior, Monica F.Costa. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. 100088 (2021).
3. Weiyi Liu, Jinlan Zhang, Hang Liu, Xiaonan Guo, Xiyue Zhang, Xiaolong Yao, Zhiguo Cao, Tingting Zhang. Environment International. 106277 (2021).

ПЕРЕХОД МЕТАЛЛ-ДИЭЛЕКТРИК И МАГНИТОПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА В ПЛЕНКАХ МАГНИТНЫХ ОКСИДОВ

Бессонова В.А.[1], Пыжьянов Я.Я.[1, 2], Телегин А.В.[1],
Носов А.П.[1], Сухоруков Ю.П.[1]

[1)] Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН
[2)] Уральский федеральный университет им Б.Н. Ельцина
E-mail: telegin@imp.uran.ru

METAL-DIELECTRIC TRANSITION AND MAGNETIC ABSORPTION OF LIGHT IN FILMS OF MAGNETIC OXIDES

Bessonova V.A.[1], Pyzh'yanov Y.Y.[1, 2], Telegin A.V.[1],
Nossov A.P.[1], Suhorukov Yu.P.[1]

[1)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics UB of RAS
[2)] Ural Federal University

The optical and electrical properties of films of manganites and vanadium oxides with MI transition has been studied. The distinct optical response to the MI in films promising for applications has been obtained.

Проблеме перехода металл-диэлектрик (ПМД) в сильно-коррелированных соединениях (СКС) на основе оксидов 3d-металлов посвящено большое количество работ [1,2]. Фундаментальный и практический интерес обусловлен богатым разнообразием эффектов в виду сильной взаимосвязи электрических, магнитных и оптических свойств таких соединений. Среди СКС с разной природой ПМД можно выделить два, обладающих гигантским изменением электросопротивления при температурах вблизи и выше комнатной: манганиты [3] и двуокись ванадия [4]. Электрофизическими свойствами этих соединений можно управлять в широких пределах, например, путем изменения стехиометрии состава по кислороду. Оптическая и ИК-спектроскопия обладают уникальными экспериментальными возможностями для изучения различных электронных эффектов и фазового состава в подобных структурах [5].

В настоящей работе представлены результаты исследований оптических и электрических свойств субмикронных пленок манганитов и оксидов ванадия с температурой ПМД выше комнатной, полученных разными методами: химического осаждения из паровой фазы (МГУ, Москва), лазерной абляцией (ИФМ, Екатеринбург) и молекулярно-лучевой эпитаксии (ИФП, Новосибирск) на прозрачных подложках из сапфира, титаната стронция и оксида кремния. Стехиометрия пленок варьировалась условиями осаждения и послеростовыми отжигами. Измерения поглощения пленок проводились с помощью авторской криомагнитной установки на базе призменного ИК-спектрометра в диапазоне длин волн 0.8-15 мкм в интервале температур 80-400 К в магнитном поле до 0.8 Т.

Спектры поглощения полученных пленок качественно повторяют ход кривой поглощения для соответствующих монокристаллов с учётом вклада подложки и формируются краем поглощения в высокоэнергетической части (1 eV), колебаниями кислородных октаэдров (фононы) и вкладом свободных носителей заряда. Вариация нестехиометрии пленок приводит к изменению спектра и величины поглощения.

Показано, что в области ПМД прозрачность пленок изменяется в 10-1000 раз, в зависимости от образца, что согласуется с данными по электросопротивлению. Таким образом получен оптический отклик на ПМД в пленках, связанный с разным откликом образца на внешнее электромагнитное поле в металлическом и диэлектрическом состоянии. Данный оптический отклик имеет температурный гистерезис, связанный с гистерезисом проводимости при фазовом переходе. Минимальную величину гистерезиса и максимальный отклик демонстрируют высококачественные стехиометрические пленки. Разная природа ПМД приводит к разной чувствительности манганитов и оксидов ванадия к внешнему магнитному полю. В манганитах за счет эффектов делокализации изменение прозрачности на длине волны 6 мкм в магнитном поле 8 кЭ достигает более 10%, тогда как диоксиде ванадия — менее 2%.

Результаты работы важны как с точки зрения технических приложений тонкопленочных систем (температурные сенсоры, оптические переключатели и т.п.) так и для более детального понимания физических механизмов ПМД в магнетиках.

Работа выполнена в рамках гос.задания №АААА-А18-118020290104-2 по теме «Спин».

1. M.Imada, A. Fujimori, Y.Tokura, Reviews of Modern Physics, 70, 4, 1039 (1998).
2. Р.О. Зайцев, Е.В. Кузьмин, С.Г. Овчинников, УФН, 148, 4, 603 (1986).
3. Н.Г. Бебенин, Р.И. Зайнуллина, В.В. Устинов, УФН, 188, 8, 801 (2018).
4. D.Lee, B. Chung, Y. Shi et al., Science 362, 1037 (2018).
5. E. Gan’shina, N. Loshkareva, Yu. Sukhorukov et al. JMMM, 300, 1, 62 (2006).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЗОЛЕЙ

Рафиков Р. Н.[1]

[1)] Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева, РТ.

E-mail: railrafikov98@mail.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR OBTAINING SOLS

Rafikov R. N.[1]

[1)] Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev, RT.

This paper discusses the main methods of obtaining sols in practice. Their comparative analysis was carried out.

В процессе получения золей могут использоваться различные типы химических реакций, методы физической конденсации и электрические методы (метод Брандта и метод Сведберга) [1]. Один из эффективных методов синтеза золей из молекулярных пучков был создан советскими учеными Рогинским и Шальниковым [2]. Суть их метода сводится к тому, что в вакууме вместе испаряются диспергирующее вещество и растворитель. Образующиеся пары смешиваются, затем происходит их конденсация, после чего они замораживаются. Далее данный состав размораживают и концентрируют в специальном сосуде. С помощью этого метода были получены золи целого ряда веществ, которые были труднодоступны. Способ дает возможность получить золи высокой чистоты.

Существует значительное многообразие способов приготовления устойчивых золей, которое базируется на использовании разных физико-химических методов, обеспечивающих достижение поставленной цели тем или иным способом. Можно упомянуть основные способы, которые применяются на практике.

Ионный обмен. Метод ионного обмена по большому счету используется для поглощения анионов и катионов. Возможно применение таких режимов процесса как динамический и статический режимы.

Одним из самых ранних методов получения золей является диализ. Диализ-это физико-химический метод. Метод заключается в извлечении из раствора низкомолекулярных веществ чистым растворителем через полупроницаемую мембрану, которая, в свою очередь, не пропускает коллоидные частицы. С помощью смены растворителя возможно почти полное удаление из коллоидного раствора примесей электролитов и низкомолекулярных неэлектролитов. Однако большая длительность этого процесса (диализа) является большим недостатком.

Электродиализ – отличается беспрерывностью процесса и возможностью получать концентрационные, почти чистые золи оксидов некоторых химических элементов. Суть электродиализа заключается в ускорении процесса переноса катионов и анионов через полупроницаемую мембрану под действием электрического поля.

Электролиз - это один из эффективных методов получения некоторых золей. Из водных растворов хлоридов металлов удаляют хлористоводородную кислоту путем разложения ее на хлор и водород.

Для приготовления золей могут применяться методы диспергации и пептизации. В процессе диспергации сначала получают осадок малорастворимого соединения, а после этого он измельчается механическими способами. Метод пептизации заключается в дезагрегации частиц.

Одним из наиболее экологичных и наименее затратных с технической точки зрения способов, на наш взгляд, является получение золей с помощью парогазового разряда. Парогазовый разряд может возникать на границе раздела твердый металлический электрод – жидкий неметаллический электрод и в объеме жидкого неметаллического электрода. Возникает уникальная возможность обработки жидкости электрическим разрядом и использования разряда для получения золей различных веществ[3].

1. Гельфман М.И., Коллоидная химия: Учебник / М.И. Гельфман, О.В. Ковалевич, В.П. Юстратов. – 6-е изд. – СПб.: Изд-во Лань, 2017. – С.82.
2. Медведев П.И. Физическая и коллоидная химия (краткий курс) / И.П. Медведев. – М.: ГИСХЛ, 1954. – С.173-174.
3. Takseitov R. R., Galimova R. K., Yakupov Z. Y. Calculation of portable properties of some real gas mixtures at high temperatures. 2020 Journal of Physics: Conference Series. 1588 (1), 01265.

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА И МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ СОЕДИНЕНИЯ $Ho_{0.2}Y_{0.8}(Co_{0.84}Fe_{0.16})_2$

Аникин М.С.[1], Тарасов Е.Н.[1], Рагозина М.В.[1, 2], Незнахин Д.С.[1], Зинин А.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов УрО РАН им. М.Н. Михеева, Екатеринбург, Россия
E-mail: maskim.anikin@urfu.ru

MAGNETIC PROPERTIES AND MAGNETOCALORIC EFFECT OF $Ho_{0.2}Y_{0.8}(Co_{0.84}Fe_{0.16})_2$ COMPOUND

Anikin M.S.[1], Tarasov E.N.[1], Ragozina M.V.[1, 2], Neznakhin D.S.[1], Zinin A.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

In this paper, presents the results of a study of the temperature and field dependences (H) of magnetization (M) and magnetocaloric effect (ΔS_m) of $Ho_{0.2}Y_{0.8}(Co_{0.84}Fe_{0.16})_2$ compounds at 2 ÷ 380 K and in magnetic fields up to 90 kOe. A metamagnetic transition was found on M(H) at temperatures ≤ 40 K.

Ранее при исследовании квазибинарных соединений $R(Co_{1-y}Fe_y)_2$ (R = Gd, Dy, Ho, Er) было обнаружено нетипичное для магнетиков существование значительного по величине магнитокалорического эффекта (МКЭ) в широком диапазоне температур, ниже температуры Кюри (T_C), как при частичном замещении Co на Fe при фиксированном R, так и при варьировании типа R при фиксированном содержании Fe (y), что авторы связывали с ослаблением межподрешеточного обменного взаимодействия между R и 3d- магнитными подрешетками [1]. Для лучшего понимания роли обменных взаимодействий между R и 3d-магнитными подрешетками в таких системах была синтезирована серия соединений $Ho_{1-x}Y_x(Co_{0.84}Fe_{0.16})_2$ (x = 0 ÷ 1) и проведены исследования их магнитных и магнитотепловых свойств. Среди них выделяется соединение $Ho_{0.2}Y_{0.8}(Co_{0.84}Fe_{0.16})_2$, на образцах которого наблюдается метамагнитный переход при намагничивании.

В результате исследования установлено, что соединение $Ho_{0.2}Y_{0.8}(Co_{0.84}Fe_{0.16})_2$ является однофазным с пространственной группой Fd-3m и параметром кристаллической решетки (a), равным 7.24659(35) Å. Из анализа температурных зависимостей намагниченности, измеренных по протоколам ZFC и FC, установлено отсутствие примесных фаз и точки магнитной компенсации. Определенное значение температур Кюри (T_C) составило 260 К.

Рассчитанная из серии кривых намагничивания температурная зависимость изменения магнитной части энтропии (ΔS_m), при изменении внешнего магнитного поля (ΔH) на 50 кЭ, представлена на рисунке 1а. Принимая во внимание, что данное соединение является ферримагнетиком и анализируя зависимость $\Delta S_m(T)$, которая характерна для ферримагнетиков выше точки магнитной компенсации

[2], можно сделать вывод, что результирующий магнитный момент соединения направлен вдоль намагниченности d-магнитной подрешетки.

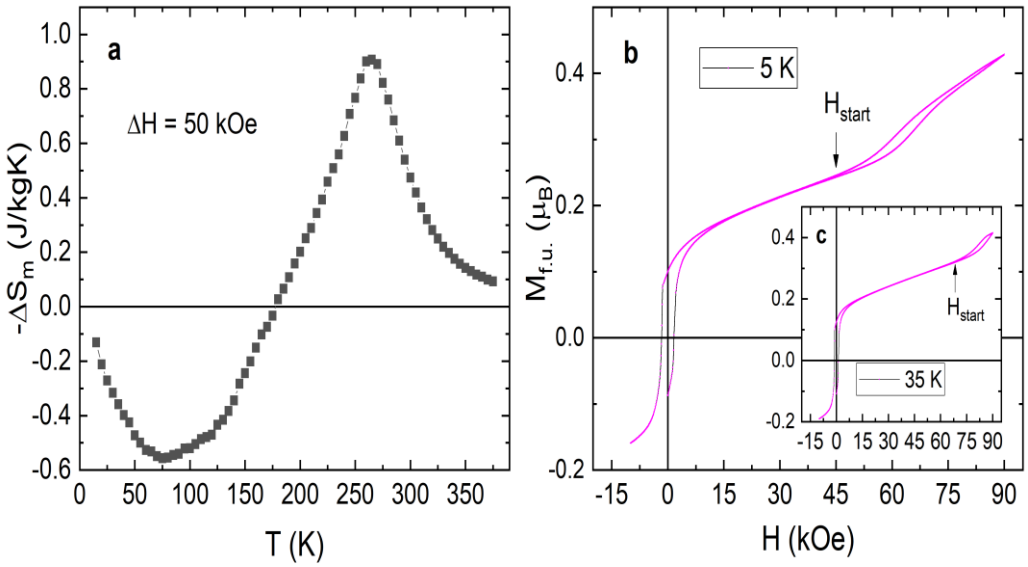


Рис. 1. a: зависимости ΔSm(T) соединения Ho0.2Y0.8(Co0.84Fe0.16)2 в магнитном поле 50 кЭ; b и c: зависимости Mf.u.(H) при T = 5 и 35 K соответственно

На рисунке 1b представлена полевая зависимость намагниченности в магнетонах Бора на формульную единицу ($M_{f.u.}$), измеренная при температуре (T) равной 5 K, в магнитном поле до 90 кЭ. На полевой зависимости намагниченности можно выделить два участка. Первый - в магнитных полях до 15 кЭ, где присутствует магнитный гистерезис, связанный с задержкой смещения доменных границ. Второй - в больших по напряженности магнитных полях (≥ 45 кЭ) предположительно связанный с метамагнитным переходом. С увеличением температуры происходит смещение поля старта метамагнитного перехода (H_{start}) в большие по напряженности поля, в частности, при T = 35 K H_{start} ≥ 70 кЭ (рисунок 1c).

Наличие метамагнитного перехода может быть связано с парамагнетизмом части атомов кобальта из-за конкуренции обменных взаимодействий Ho-Fe, Ho-Co и Co-Fe. При увеличении напряженности приложенного магнитного поля происходит рост намагниченности d-подсистемы, вызванным увеличением эффективного поля, действующего на атомы кобальта.

Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда № 19-72-00038.

1. M.S. Anikin, E.N. Tarasov, N.V. Kudrevatykh, A.A. Inishev and A.V. Zinin Met. Sci. Heat Treat. 60, 522-527 (2018).
2. A.S. Andreenko, K.P. Belov, S.A. Nikitin and A.M. Tishin Sov. Phys. Usp. 32, 649-664 (1989)

КАТОДО- И ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ α-Al_2O_3, ОБЛУЧЕННЫХ ИМПУЛЬСНЫМ ИОННЫМ ПУЧКОМ Fe^{10+}

Рамазанова Г. Р.[1], Ананченко Д. В.[1], Никифоров С. В.[1], Герасимов М. Ф.[1], Ищенко А. В.[1], Даулетбекова А. К.[2], Карипбаев Ж. Т.[2, 3], Ахметова-Әбдік Гүлжанат[2], Здоровец М. В.[1, 2, 4]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-султан, Казахстан
[3)] Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия
[4)] Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан
E-mail: Ramazanova_Guzalliia@mail.ru

CATHODO- AND THERMOLUMINESCENCE OF α-Al_2O_3 SINGLE CRYSTALS IRRADIATED WITH Fe^{10+} PULSED ION BEAM

Ramazanova G. R.[1], Ananchenko D. V.[1], Nikiforov S. V.[1], Gerasimov M. F.[1], Ishchenko A. V.[1], Dauletbekova A. K.[2], Karipbayev Z. T.[2, 3], Akhmetova-Abdik Gulzhanat[2], Zdorovets M. V.[1, 2, 4]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
[3)] National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia
[4)] Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

PCL and TL of α-Al_2O_3 single crystals irradiated with various doses of Fe^{10+} pulsed ion beam were studied. The formation of F-type centers in irradiated crystals was observed. A similar nonmonotonic dependence of PCL of F-centers and TL on the value of the radiation dose was found.

Монокристалл α-Al_2O_3 обладает уникальным сочетанием физико-химических свойств, что позволяет использовать его как подложку интегральных микросхем, работающих на АЭС и в космосе [1], а также в качестве детектора ионизирующих излучений [2]. Воздействие мощного корпускулярного излучения, в том числе и ионного, может приводить к образованию радиационно-индуцированных дефектов в α-Al_2O_3, которые в свою очередь влияют на его функциональные свойства. Достаточно мало изучены радиационно-индуцированные дефекты, вызванные импульсным ионным воздействием на α-Al_2O_3. Особенность импульсного облучения заключается в сопутствующем плавлении и рекристаллизации приповерхностных слоев материала [3]. Целью данной работы является изучение влияния импульсного облучения пучком ионов Fe^{10+} на люминесцентные свойства монокристаллического α-Al_2O_3.

Были исследованы стехиометрические высокочистые (99.99%) монокристаллы α-Al_2O_3, облученные импульсным ионным пучком (ИИП) Fe^{10+} (200 кэВ) на ускорителе тяжелых ионов DC-60 (Нур-султан, Республика Казахстан). Дозы,

поглощенные кристаллами, при облучении ИИП: $8.4 \cdot 10^5$ Гр, $8.4 \cdot 10^6$ Гр и $8.4 \cdot 10^7$ Гр. Регистрация спектров импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) осуществлялась с использованием установки «КЛАВИ» при облучении электронным пучком длительностью 2 нс с максимальной энергией электронов 130±10 кэВ. Измерения термолюминесценции (ТЛ) осуществлялись в режиме линейного нагрева со скоростью 2 °C/с в двух диапазонах длин волн: 290–365 нм и 290–650 нм.

В ранее проведенных нами исследованиях методом оптического поглощения было установлено, что облучение ИИП Fe^{10+} приводит к образованию в монокристаллах α-Al_2O_3 таких дефектов, как F-центров и F^+-центров. В сравнении с оптическими методами анализа люминесцентные считаются более чувствительными. Поэтому была дополнительно измерена ИКЛ. В спектрах ИКЛ облученных кристаллов (Рис.1) можно наблюдать две полосы люминесценции при 3,0 и 1,8 эВ. Полоса при 3,0 эВ связана со свечением F-центров, а полоса при 1,8 эВ с примесью ионов Cr^{3+} [4]. Немонотонная зависимость полосы люминесценции F-центров от поглощенной дозы может быть связана с ее концентрационным тушением, центрами тушения при этом могут выступать имплантированные ионы железа.

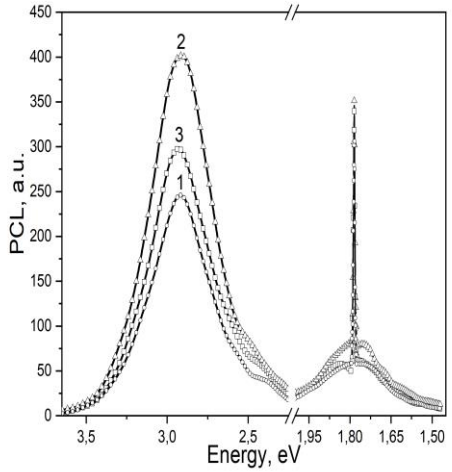


Рис. 1. Спектры ИКЛ монокристаллов α-Al2O3, облученных ИИП Fe10+ дозами 8.4·10^5 Гр (1), 8.4·10^6 Гр (2) и 8.4·10^7 Гр (3)

Было установлено, что ионное облучение приводит к возникновению ТЛ в α-Al_2O_3 в диапазоне температур 350–750 К. Разложение на элементарные составляющие производилось согласно уравнению ТЛ общего порядка кинетики [5], в результате которого были получены кинетические параметры радиационно-индуцированных ловушек носителей заряда, образующихся при воздействии на α-Al_2O_3 ИИП Fe^{10+}. В работе будет обсуждаться изменение данных параметров с увеличением дозы облучения, а также сравнение результатов с литературными данными.

1. Dobrovinskaya, E.R., Lytvynov L. A., Pishchik V. Sapphire: material, manufacturing, applications, Springer Science and Business Media (2009).
2. Никифоров С.В., Кортов В.С., Радиационно-индуцированные процессы в широкозонных нестехиометрических оксидных диэлектриках, Москва: Техносфера, (2017).
3. Ghyngazov S., Pavlov S., Kostenko V., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 434, 120–123, (2018).
4. Алукер Н.Л., Винникова Е.А., Вестник Кемеровского государственного университета, 2, 214–219, (2008).
5. Kitis G., Gomez-Ros J. M., Tuyn J. W. N., Journal of Physics D: Applied Physics, 31, 2636, (1998).

ЯМР И МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ В МОНОНИТРИДЕ ЦЕРИЯ

Садыков А.Ф.[1], Оглобличев В.В.[1], Губкин А.Ф.[1],
Ваулин А.А.[1], Потапов А.М.[2]

[1)] Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: ogloblichev@imp.uran.ru

NMR AND MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF CERIUM MONONITRIDE

Sadykov A.F.[1], Ogloblichev V.V.[1], Gubkin A.F.[1], Vaulin A.A.[1], Potapov A.M.[2]

[1)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics of UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of High Temperature Electrochemistry of UB RAS, Yekaterinburg, Russia

This paper presents the results of a study of the magnetic susceptibility of the 4f-electron of cerium in a polycrystalline sample of cerium mononitride CeN by nuclear magnetic resonance on 14N nuclei and magnetometry.

Мононитриды редкоземельных элементов привлекают к себе большое внимание из-за сильно локализованных электронов частично заполненных 4f-оболочек. В зависимости от химического состава эти соединения демонстрируют чрезвычайно широкий спектр электронных, магнитных, оптических и магнитооптических свойств. Одним из перспективных соединений является CeN. Мононитрид церия - первый член ряда мононитридов редкоземельных элементов, образующие простую модельную кристаллическую решетку типа NaCl. В данной работе обсуждаются первые результаты исследования CeN методами ядерного магнитного резонанса (ЯМР) на ядрах азота ^{14}N и магнитометрии. Спектры ЯМР на ядре ^{14}N представляют собой широкую линию, близкую по форме к гауссовой. Структура соединения CeN, так же как и UN [1,2], является кубической и, как следствие,

из-за сферически симметричного окружения ядра азота квадрупольного расщепления спектральной линий ЯМР ^{14}N не наблюдается. Температурные зависимости сдвигов K(T) не описываются законом Кюри-Вейсса и повторяют поведение магнитной восприимчивости X(T) (Рисунок), полученной в магнитном поле 10 кЭ. Авторы работы столкнулись со сложностью интерпретации ЯМР данных. На первый взгляд CeN содержит ионы Ce^{3+} и N^{3-}. Однако, CeN является проводником, что дает основание предполагать наличие ионов церия с большей степенью окисления. Если в соединении присутствуют состояния Ce^{4+} и Ce^{3+}, то в спектре ЯМР ^{14}N должно наблюдаться две линии, но из-за большой ширины линии выделить их не представлялось возможным. В то же время полученные данные магнитных измерений CeN (рисунок) не демонстрируют магнитного фазового перехода, что совершенно необычно для соединений с Ce^{3+}. Причины специфических электронных и магнитных свойств CeN широко обсуждались в значительном числе экспериментальных и теоретических работ [3,4]. Два наиболее распространенных объяснения магнитных свойств локализованных и коллективизированных 4f-электронов в CeN - экранированный «Kondo scenario» и «band picture». В первом случае по данным ЯМР характерная энергия спиновых флуктуаций должна удовлетворять закону $T^{0.5}$ (где T -температура). Для подтверждения «Kondo scenario» необходимы измерения времен спин-решеточной релаксации [2], которые будут проделаны в дальнейшем.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-72-10022)

1. V.V. Ogloblichev, S.V. Verkhovskii, A.M. Potapov, A.Yu. Germov, A.F. Sadykov, Journal of Physics: Conference Series 1389, 12082 (2019).
2. V. V. Ogloblichev, A. M. Potapov, S. V. Verkhovskii, A. V. Mirmelstein, JETP Letters 108, 616 (2018).
3. V. Kanchana, G. Vaitheeswaran, Xinxin Zhang, Yanming Ma, A. Svane, and O. Eriksson. Phys. Rev. B 84, 205135 (2011)
4. M. Zhang, H. Yan, Q. Wei and H. Wang, Appl. Phys. Lett. 102, 231901 (2013).

РАДИАЦИОННОЕ ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЕ В СТЕАТИТОВОЙ КЕРАМИКЕ СНЦ ПРИ ВЫСОКОДОЗНОМ Г-ОБЛУЧЕНИИ

Саидахмедов К.Х.[1], Эсанов.З.У.[1], Нуритдинов И.[1],
Мажидов Х.М.[1], Ирисов Ш.[1]

[1)] ИЯФ АН РУз

E-mail: skhahramon@yandex.ru

RADIATION DEFECT FORMATION IN STEATITE CERAMICS OF SNS UNDER HIGH-DOSE Г-IRRADIATION

Saidahmedov Kh.H[1], Esanov Z.U.[1], Nuritdinov I.[1],
Mazhidov Kh.M.[1], Irisov Sh.[1]

[1)] INP AS RUz

The effect of high-dose γ-radiation on the thermoluminescent properties of the SNC steatite ceramics is investigated. It is shown that high-dose γ-radiation in the steatite ceramics forms deep levels of capture. The high thermal stability of these trapping centers indicated their structural origin.

В атомной энергетике растет потребность в материалах, пригодных для использования в полях повышенной радиации. В этом аспекте керамические диэлектрики занимают особое место, в том числе магнезиальная керамика на основе $MgSiO_3$, т.е. стеатитовая керамика. Ранее нами при изучении высокодозного гамма-облучения на стеатитовую керамику СК-1 было обнаружено образование структурных дефектов [1]. С этой целью, изучено влияние высокодозного гамма-облучения на стеатитовую керамику СНЦ аналогичному по составу и структуре с керамикой СК-1 [2], с целью не образуются ли аналогичные дефекты структуры в керамики СНЦ. Кривые термолюминесценции (ТЛ) в интервале температур от 300 до 723 К полученные нами, показывают, что в гамма-облученных керамиках СНЦ наблюдаются пики ТЛ с максимумами при 358 К, 508 К и слабо интенсивный пик в высокотемпературной области при ~673 К (рис.1, кр.1). Увеличение дозы гамма-облучении до~10^8 Р приводит к росту интенсивностей всех пиков ТЛ. При дозах ~$3\cdot10^8$ Р наступает насыщение пика ТЛ при 508 К медленный рост интенсивности низкотемпературного пика ТЛ при 358 К Характер изменения интенсивности высокотемпературного пика ТЛ при ~673 К иной. В образце, облученной~$3\cdot10^8$ Р наблюдается интенсивный рост интенсивности и смещение максимума пика ТЛ в высокотемпературную область. При дозах гамма-облучении ≥ $3\cdot10^8$ Р четко проявляется пик ТЛ с максимумом при 708 К интенсивность которой не выходя на насыщения увеличивается. При этом наблюдается уменьшение интенсивности пика ТЛ при 508 К. Следует отметить, что верхний предел измерения ТЛ был до 723 К, полностью измерить площадь под кривой ТЛ не удалось. Проследить за процессом накопления дефектов, ответственных за высокотемпературную ТЛ, можно путем построения зависимости площади под кривой ТЛ от

дозы гамма-облучения в интервале температур 623÷723 К. Если образец керамики облученной дозой $1{,}5\cdot10^{1}0$ Р постепенно отжигать в интервале температур то (773÷1123 К) а затем дополнительно облучить дозой~$2\cdot10^{6}$ Р, то по мере повышения температуры отжига интенсивность свечения в высокотемпературной области уменьшается и после отжига при 1123 К кривая совпадает с полученной для исходного образца, облученного до дозы ~$2\cdot10^{6}$ Р. Это указывает на то, что при высокодозном гамма-облучении (>10^{9} Р) в стеатитовой керамике СНЦ образуются глубокие уровни захвата, которые проявляются в кривых ТЛ, высокая температура отжига показывает, они обусловлены структурными дефектами.

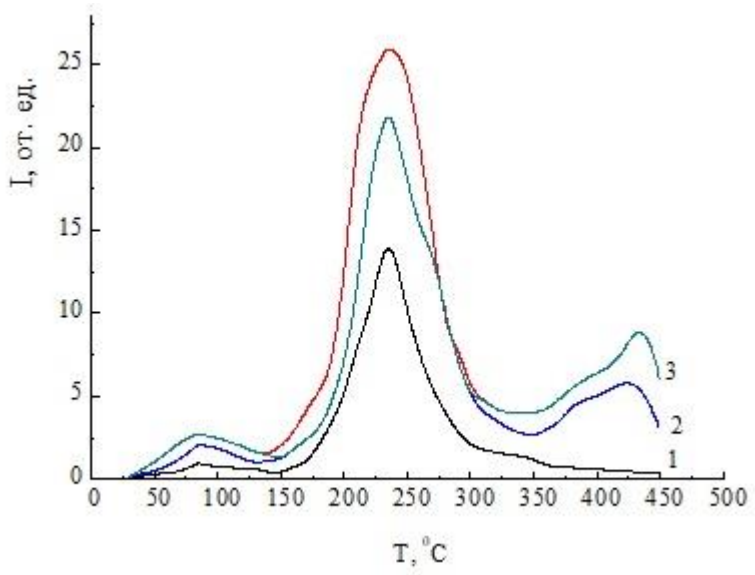


Рис. 1. Кривые ТЛ гамма-облученных образцов керамики СНЦ:1-$3\cdot10^{5}$ Р; 2-$3\cdot10^{8}$ Р; 3-$1\cdot5.10^{10}$ Р.

Таким образом, из вышеизложенных результатов можно сказать следующие: в процессе высокодозного гамма-облучения (>10^{9} Р) в стеатитовой керамике СНЦ, как в керамике СК-1 образуются новые дефекты, которые являются центрами локализации зарядов, имеющих глубокие энергетические уровни. Высокая температура отжига данных дефектов указывала на их структурное происхождение.

1. Воздействие большой дозы γ-облучения на стеатитовую керамику. Гасанов.Э.М., КимГен Чан., Саидахмедов К.Х. (1996) Атомная энергия, т.80. Вып 2. с.123-125.
2. Аветиков В.Г., Зинько Э.И. Магнезиальная электрокерамика.–Москва: Энергия, (1973). –183с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ ДОМЕНОВ В КРИСТАЛЛАХ PMN-PT С ПОМОЩЬЮ ЭФФЕКТА КАНАЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ

Р.Ф. Сайфетдинов[1], Д.С. Чезганов[1], А.С. Нураева[1], М.Н. Лысаков[1], Е.А. Пашнина[1], Э.А. Линкер[1], В.Я. Шур[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: Rinat.Saifetdinov@urfu.me

DETERMINATION OF THE LOCAL DOMAIN ORIENTATION IN PMN-PT CRYSTALS BY THE ELECTRON CHANNELING EFFECT

R.F. Saifetdinov[1], D.S. Chezganov[1], A.S. Nuraeva[1], M.N. Lysakov[1], E.A. Pashnina[1], E.A. Linker[1], V.Ya. Shur[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The domain imaging and determination of domain orientation using electron channeling was demonstrated in multiaxial ferroelectric PMN-PT in tetragonal phase. It was shown that analysis of the images using the dynamical electron scattering simulation allows to determine c and a domains.

Важной задачей физики сегнетоэлектриков является изучение кинетики и статики доменной структуры в сегнетоэлектрических материалах. Для изучения ориентации доменов используют неразрушающие методы визуализации, такие как поляризационную оптическую микроскопию, дифракцию обратно-отраженных электронов (ДОЭ) [1] и 3D сканирующую микроскопию пьезоэлектрического отклика (3D-СМПО) [2].

Для определения ориентаций доменов был предложен метод, основанный на каналировании электронов (electron channeling orientation determination, eCHORD) [3]. Для визуализации доменов использован ориентационный контраст, обусловленный изменением коэффициента обратного отражения электронов при различной ориентации кристаллической решетки относительно падающего пучка электронов [4].

В данной работе для определения ориентации доменов в многоосном сегнетоэлектрике $Pb(Mn_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$PbTiO_3$ (PMN-PT), находящегося в тетрагональной фазе при комнатной температуре, мы использовали эффект каналирования электронов, а также обработку изображений с помощью индексации на основе моделирования динамического рассеяния электронов. Съемка проводилась на сканирующем электронном микроскопе Merlin (Carl Zeiss, Германия) с использованием четырехсекционного детектора обратно-отраженных электронов с селекцией по углам при ускоряющем напряжении 20 кВ и токе пучка 4-5 нА. Все измерения проводились при комнатной температуре.

Динамические картины каналирования электронов моделировались в программном пакете с открытым исходным кодом EMsoft. Для индексации использовались различные метрики подобия [5]. Обработка данных и индексация кристаллографических ориентаций были реализованы с помощью оригинального программного обеспечения.

Было показано, что с помощью предложенного подхода можно визуализировать домены в многоосном сегнетоэлектрике PMN-PT (Рис. 1а) и определить локальную ориентацию доменной структуры для направлений спонтанной поляризации вдоль (с домены) и перпендикулярно (а-домены) полярной оси (Рис. 1б). Полученные карты ориентаций доменов имеют 100% уровень индексации.

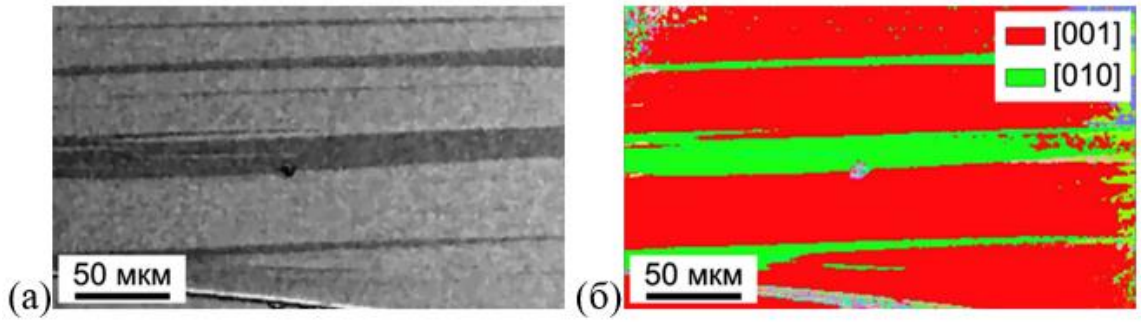


Рис. 1. (а) СЭМ изображение доменной структуры в кристалле PMN PT, полученное в режиме каналирования электронов и (б) карта ориентаций доменов, полученная методом eCHORD.

Предложенный метод может быть реализован практически на любом современном СЭМ, имеющем гониометр и детектор отраженных электронов. Скорость индексации изображений обусловлена производительностью используемой компьютерной системы.

Работа выполнена с использованием оборудования Уральского ЦКП «Современные нанотехнологии» УрФУ при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (грант №19-72-00091).

1. P. Potnis, N.-T. Tsou, J. Huber, Materials 4, 417 (2011).
2. S.V. Kalinin, B.J. Rodriguez, S. Jesse, J. Shin, A.P. Baddorf, P. Gupta, H. Jain, D.B. Williams, A. Gruverman, Microsc. Microanal. 12, 206 (2006).
3. C. Lafond, T. Douillard, S. Cazottes, P. Steyer, C. Langlois, Ultramicroscopy 186, 146 (2018).
4. S. Zaefferer, N.-N. Elhami, Acta Mater. 75, 20 (2014).
5. P.G. Callahan, M. De Graef, Microsc. Microanal. 19, 1255 (2013).

ОСОБЕННОСТИ АНИЗОТРОПИИ СПЕКТРА МАГНИТОУПРУГИХ ВОЛН В ГАЛФЕНОЛЕ

Савченко С.П.[1], Бахарев С.М.[1], Борич М.А.[1]

[1)] ИФМ УрО РАН, Екатеринбург, Россия

E-mail: sergeysavch@mail.ru

PECULIARITIES OF THE ANISOTROPY OF MAGNETOELASTIC WAVES SPECTRUM IN GALFENOL

Savchenko S.P.[1], Bakharev S.M.[1], Borich M.A.[1]

[1)] IMP UB RAS, Ekaterinburg, Russia

The magnetoelastic waves in a bulk galfenol sample in the vicinity of magnetoelastic resonance are investigated. It is shown, that magnetoelastic waves with frequencies close to magnetoelastic resonance possess focusing effect: they do not propagate uniformly, but mainly along specific directions.

The paper is devoted to a theoretical investigation of the propagational peculiarities of magnetoelastic waves in a bulk galfenol ($Fe_{1-x}Ga_x$) sample in the vicinity of magnetoelastic resonance. The chosen value of gallium concentration is equal to 13.2 %. Such alloy was studied previously (Clark et. al. 2003), it's magnetic and elastic parameters were investigated experimentally. We consider the simplest situation, when the external magnetic field is assumed to be applied along the [001] crystal axis. The typical wavelengths in experiments with galfenol are about 1 μm, and the typical frequencies are about 10 GHz. The dynamics of the waves in this regime can be described in the phenomenological approximation that takes into account exchange interaction, magnetic anisotropy, elastic and magnetoelastic energy.

The dynamics of magnetoelastic waves in a crystal with cubic lattice had been studied long ago (Akhiezer et. al. 1967), but these investigations referred mainly to the certain directions ([100], [001], [110], and [111]). We consider the propagation along an arbitrary direction and show that the magnetoelastic waves in the materials with strong elastic anisotropy and magnetoelastic interaction demonstrate interesting properties when propagating in directions sufficiently far from the main ones.

The results of our investigation are as follows. In a galfenol sample, three magnetoelastic resonances occur if the quasi-magnon frequency becomes close to quasi-longitudinal, and fast and slow quasi-transverse phonon frequencies, respectively. We determined the region of frequencies where these resonances can be observed. For instance, if the value of external magnetic field is about 10 kOe, the resonance frequency region is about (28-35) GHz. If the considered wave has the frequency from this region, then the resonance conditions are satisfied not for all directions of wavevectors, but only for some specific ones. Thus, we deal with "oriented" magnetoelastic resonances,

namely, the magnetic and elastic modes interact strongly with each other in one direction of the wavevector, and slightly interact in other directions. Moreover, the orientation of these resonances is determined by the wave frequency. The waves in the vicinity of resonances demonstrate highly anisotropic behavior. The surfaces of constant frequencies contain concave and convex parts and the directions of zero curvature. The waves with different wavevectors have the same group velocity orientations in the vicinity of these directions. Thus, magnetoelastic waves with frequencies close to magnetoelastic resonance do not propagate uniformly, but mainly along specific directions. In other words, they focus along specific directions, these focusing directions can be effectively controlled by the wave frequency.

The research was carried out within the state assignment of FASO of Russia (theme "Function" AAAA-A19-119012990095-0), supported by Basic Research Program of the Presidium of the Russian Academy of Sciences (project No. 13-1.1.3.5).

1. A. E. Clark, K.B. Hathaway, M. Wun-Fogle, J.B. Restorff, T. A. Lograsso, V. M. Keppens, G. Petculescu, and R. A. Taylor Extraordinary magnetoelasticity and lattice softening in bcc Fe-Ga alloys, Journal of Applied Physics, 93, 10, 8621-8623, 2003. doi.org/10.1063/1.1540130
2. A.I. Akhiezer, V.G. Bar'yakhtar, S.V. Peletminskii, Spin waves, North-Holland Pub. Co., Amsterdam, 1968. doi.org/10.1126/science.163.3870.923-a

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ В ПРОЦЕССАХ ТУШЕНИЯ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ 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

DISTRIBUTION OF ACTIVATION ENERGY IN LUMINESCENCE QUENCNING PROCESSES OF 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

Photoluminescence quenching in ensembles of InP/ZnS nanocrystals was studied. Exciton and defect-related emission was analyzed considering the uniform, normal and exponential laws for the activation energy distribution. The values obtained indicate a correlation with a size scatter of quantum dots.

Температурное поведение оптических характеристик определяет прикладную значимость полупроводниковых квантовых точек (КТ) при создании на их основе лазеров, светодиодов, композиционных люминофоров, люминесцентных биометок, концентраторов солнечной энергии, приборов фотовольтаики и др [1, 2]. Как правило, при повышении температуры наблюдается тушение фотолюминесценции (ФЛ) нанокристаллов. Понижение эффективности излучательного процесса может быть связано с рядом факторов различной природы: собственные свойства материала, роль оболочки и соответствующего интерфейса, влияние стабилизирующих лигандов. Кроме того, размерное распределение КТ в ансамбле приводит к распределению энергии экситонных и дефектных состояний, размывает высоту активационных барьеров и, следовательно, может оказывать существенное влияние на механизмы излучательной и безызлучательной релаксации. В настоящей работе представлен анализ температурного тушения ФЛ в InP/ZnS с привлечением представлений о распределении термоактивационных барьеров по энергии.

Объектами исследования являлись два ансамбля водорастворимых коллоидных КТ ядро/оболочка InP/ZnS, покрытых модифицированной полиакриловой кислотой. Средний размер нанокристаллов составляет 4.2 (КТ-1) и 4.6 (КТ-2) нм, а относительная полуширина размерных распределений характеризуется величинами 11.1 (КТ-1) и 17.3 (КТ-2) % [3]. Квантовый выход ФЛ при комнатной температуре – 27 и 10 %, соответственно. Спектры ФЛ регистрировались в диапазоне 6.5-296 K. Температура образцов регулировалась с помощью гелиевого криостата

Janis CCS-100/204N, оснащенного контроллером LakeShore Model 335. Люминесцентный сигнал записывался посредством спектрографа Shamrock SR-303i-B и ПЗС-матрицы NewtonEM DU970P-BV-602 производства Andor.

Показано, что при 6.5 K в спектрах ФЛ для КТ-1 наблюдается 2 пика с энергиями 2.36 и 2.07 эВ, в то время как для КТ-2 имеется максимум с энергией 2.16 эВ и плечо в области 1.8 эВ. Указанные полосы свечения связаны с экситонными и дефектными состояниями, соответственно. Описание зависимостей интенсивности от температуры выполнялось с учетом трех различных видов распределений для энергии активации тушения: равномерное, нормальное и экспоненциальное. Показано, что в первых двух случаях модель хорошо описывает экспериментальные данные, тогда как экспоненциальный вариант не обеспечивает удовлетворительного результата. Для каждой из наблюдаемых полос свечения определены параметры модельных распределений. Значения, полученные для экситонной полосы в рамках нормального закона, указывают на сильную корреляцию с разбросом нанокристаллов по размерам.

1. Savchenko S.S., Vokhmintsev A.S., Weinstein I.A., JPCS, 1537, 012015 (2020)
2. Savchenko S.S., Vokhmintsev A.S., Weinstein I.A., Opt Mater Express, 7, 354 (2017)
3. Savchenko S.S., Weinstein I.A., Nanomaterials, 9, 716 (2019)

ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕРЛИТА И ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА И ОСТАТОЧНЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ЭВТЕКТОИДНОЙ СТАЛИ

Щапова Е.А.[1], Сташков А.Н.[1], Афанасьев С.В.[1], Ничипурук А.П.[1]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН
E-mail: schapova@imp.uran.ru

EFFECTS OF A PEARLITE MORPHOLOGY AND A PLASTIC DEFORMATION ON THE MAGNETIC PROPERTIES AND A RESIDUAL STRESS OF THE EUTECTOID STEEL

Schapova E.A.[1], Stashkov A.N.[1], Afanasiev S.V.[1], Nichipuruk A.P.[1]

[1)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, 18 S.Kovalevskaya Str., Yekaterinburg, 620108, Russia

The comparison of the magnetic properties of the deformed and undeformed U8 steel samples with different cementite forms and sizes was carried out. The main changes of magnetic properties were found for the sample with nodular cementite.

Стали с перлитной структурой нашли широкое применение в промышленности. Интерес ученых к этому классу сталей возник еще в прошлом веке и не ослабевает до сих пор. Внимание исследователей было сфокусировано, в основном, на прочностных и пластических свойствах таких сталей. Целью данной работы является исследование влияния морфологических особенностей перлита на магнитные свойства эвтектоидной стали У8 в недеформированном состоянии, а также после пластической деформации растяжением. Размер исходных образцов составлял 2х8х250 мм3. Один из образцов (№1) имел глобулярную форму перлита. Два других образца имели пластинчатую форму перлита, причем у образца №2 межпластинчатое расстояние составляло от 0,3 до 0,5 мкм, что соответствует структуре сорбита, а у образца №3 - от единиц до нескольких мкм (грубопластинчатый перлит). Кривые намагничивания и предельные петли магнитного гистерезиса исследуемых образцов были измерены на установке Remagraph C-500 компании Magnet-Physik Dr Streingroever GmbH. Магнитные свойства образцов стали У8 измерялись в исходном недеформированном состоянии, а также после пластической деформации растяжением до 1,5%. Результаты исследований показали, что в недеформированном состоянии магнитные свойства исследуемых образцов зависят от морфологии перлита. Наибольшая коэрцитивная сила Hc и наименьшие остаточная индукция Br и максимальная магнитная проницаемость μmax наблюдались у образца №2 со структурой сорбита. Впервые установлено, что коэрцитивная сила образца №1 с глобулярным перлитом больше таковой образца №3 с грубопластинчатым перлитом (7,7 и 6,4 А/см, соответственно). Известно, что после пластической деформации растяжением в стали возникают остаточные сжимающие напряжения. Они приводят к увеличению коэрцитивной силы и уменьшению остаточной индукции и максимальной магнитной проницаемости образцов. Установлено, что наибольшие изменения магнитных свойств были у образца №1 с глобулярной формой перлита (H_c на 72%, B_r на 54%). Наименьшие изменения H_c (на 38%) и B_r (на 33%) наблюдались у образца №2 со структурой сорбита. Наибольшее значение поля наведенной деформациями магнитной анизотропии H_a, рассчитанного по предложенной ранее модели [1], получилось у образца №2 и составило 31,1 А/см, наименьшее – у образца №1 с глобулярным перлитом (22,7 А/см). Поле H_a прямо пропорционально механическим напряжениям, поэтому наибольшие остаточные сжимающие напряжения были в пластически деформированном на 1,5% образце №2.

Исследование выполнено в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Диагностика», №АААА-А18-118020690196-3) при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-32-90139.

1. Розенфельд Е.В., Ничипурук А.П. Модель Прейзаха для ферромагнетиков с кубической симметрией. I. Теория // ФММ. 1997. Т. 84. с. 29-46.

МЕХАНИЗМ ДИФФУЗИИ КАТИОНОВ В ОБЪЁМЕ НАНОКРИСТАЛЛОВ ThO_2. МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Сеитов Д.Д.[1], Пицхелаури С.С.[1], Некрасов К.А.[1, 2], Боярченков А.С.[1], Купряжкин А.Я.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: seitov_1992@mail.ru

THE MECHANISM OF CATION DIFFUSION IN ThO_2 NANOCRYSTAL BULK. A MOLECULAR DYNAMIC SIMULATION

Seitov D.D.[1], Pitskhelaury S.S.[1], Nekrasov K.A.[1, 2], Boyarchenkov A.S.[1], Kupryazhkin A.Ya.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of High-Temperature Electrochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

A molecular dynamics simulation of the self-diffusion of thorium cations in ThO_2 nanocrystals is conducted. A vacancy in the bulk of the crystal initiated a complex collective movement of cations, involving the interstitial positions surrounding the vacancy.

Методом классической молекулярной динамики, детально изучен механизм диффузии собственных катионов тория в объёме нанокристаллов ThO_2, имевших свободную поверхность. Для расчётов использованы парные потенциалы взаимодействия, предложенные в работе [1]. Диффузия катионов в модельных кристаллах происходила за счёт их перемещения навстречу катионным вакансиям, приходившим с поверхности в объём. Показано, что появление вакансий приводило к понижению кулоновского потенциала в ближайших междоузлиях, в результате чего они становились доступными промежуточными позициями для мигрирующих катионов. Таким образом, катионы могли перемещаться в вакансии как напрямую, так и через междоузлия, что понизило эффективную энергию активации диффузии до значения 7.6 эВ, более близкого к экспериментальным данным, чем при статических расчётах [2-3]. В целом, переход катионов в междоузельные позиции несколько дестабилизировал катионную подрешётку, стимулируя вакансионную диффузию.

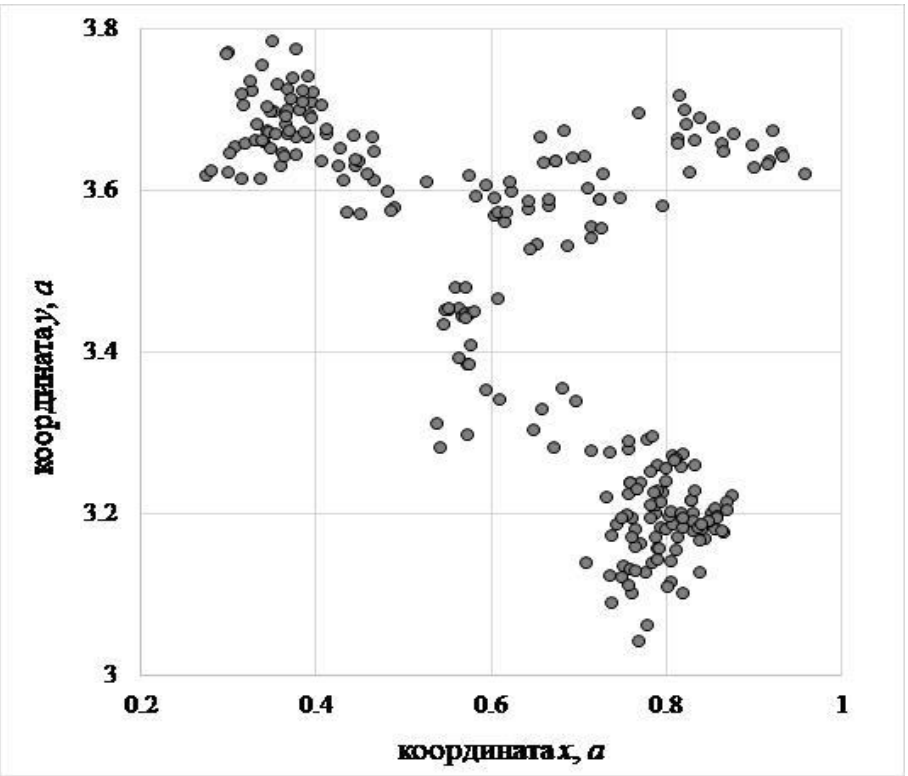


Рис. 1. Траектория движения катиона через междоузельную позицию. T=3150 K.

Температуры, для которых исследована диффузия катионов тория, находились в диапазоне от 3100 K до 3600 K, включавшем суперионный переход при T = 3300 K. Достоверного изменения механизма либо энергии активации диффузии при суперионном переходе не обнаружено.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-32-90274.

1. S.I. Potashnikov, A.S. Boyarchenkov, K.A. Nekrasov, A.Ya. Kupryazhkin, J. Nucl. Mater. 419, 217–225 (2011).
2. Y. Lu, Y. Yang, P. Zhang, Journal of Physics: Condensed Matter 24(22), 225801 (2012).
3. S.T. Murphy, M.W.D. Cooper, R.W. Grimes, Solid State Ionics 267, P. 80–87 (2014).

SUBSTITUTION OF CO ON THE CRYSTAL STRUCTURE IN THE $LiNi_{1-x}Co_xPO_4$ SYSTEM

Semkin M. A.[1, 2], Rajesh Kumar M.[2], Urusova N. V.[2, 3], Pirogov A. N.[1, 3]

[1)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics, Ural Branch, Russian Academy of Sciences
[2)] Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University
[3)] Institute of Solid State Chemistry, Ural Branch, Russian Academy of Sciences
E-mail: semkin@imp.uran.ru

We present a detailed structural study of the $LiNi_{1-x}Co_xPO_4$ (x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, and 0.5) polycrystalline samples using X-ray diffraction (XRD) and Raman scattering.

In general, $LiMPO_4$ (M = Ni, Co, Fe, Mn) oxides crystallize in olivine structure, orthorhombic unit cell of Pnma space group. Orthophosphates with the olivine structure $LiMPO_4$ are of great interest from both practical and fundamental points of view. The fundamental interest in lithium orthophosphates is due to the presence of a magnetoelectric effect [1]. On the other hand, lithium orthophosphates are considered as promising cathode materials for lithium-ion batteries [2].

The $LiNi_{1-x}Co_xPO_4$ (x = 0–0.5) were obtained by the glycerol-nitrate synthesis method. XRD measurements were performed with Shimadzu XRD 700 high-resolution X-ray diffractometer at 298 K. Structural parameters were refined with Rietveld method using Fullprof program. Raman scattering measurements were performed on Confocal Raman microscope Alpha 300 AR equipped with He-Ne laser with a wavelength 633 nm and a maximum power 35 mW.

In $LiNi_{1-x}Co_xPO_4$ (x = 0–0.5) the lattice constants and interatomic distances were determined at room temperature. It was found that doping with cobalt at the nickel position in $LiNi_{1-x}Co_xPO_4$ (x = 0–0.5) leads to the increase of lattice parameters: parameter a increases linearly by +0.84 % from 10.0332(5) Å, while b and c parameters increase by +0.57 % and +0.25 % from the initial values 5.8579(3) Å and 4.6784(3) Å, respectively. The unit cell volume expanded linearly from 274.99(2) $Å^3$ to 279.53(2) $Å^3$.

Further increase of concentration x in the $LiNi_{1-x}Co_xPO_4$ system leaded to the increase of the average ‹Li–O› interatomic distance up to 2.125(3) Å and ‹M–O› distance up to 2.111(4) Å. Except for x = 0.2, the average ‹P–O› distance was found to remain practically unchanged at around 1.530(7)–1.545(9) Å. The addition of higher amount of dopant does not affect the structure significantly.

The olivine structured crystals have 84 normal modes of vibrations, forming 81 optical and 3 acoustic modes. Raman active vibrations in $LiMPO_4$ crystals have three types of vibrations. The vibrational modes and corresponding frequencies of $LiMPO_4$ crystals were tabulated and explained by Fomin et al. [3]: external (Lattice) vibrations are 0–400 cm^{-1}, deformation vibrations are 400–700 cm^{-1}, and vibration of valence bonds of PO4 tetrahedron are 900–1200 cm^{-1}.

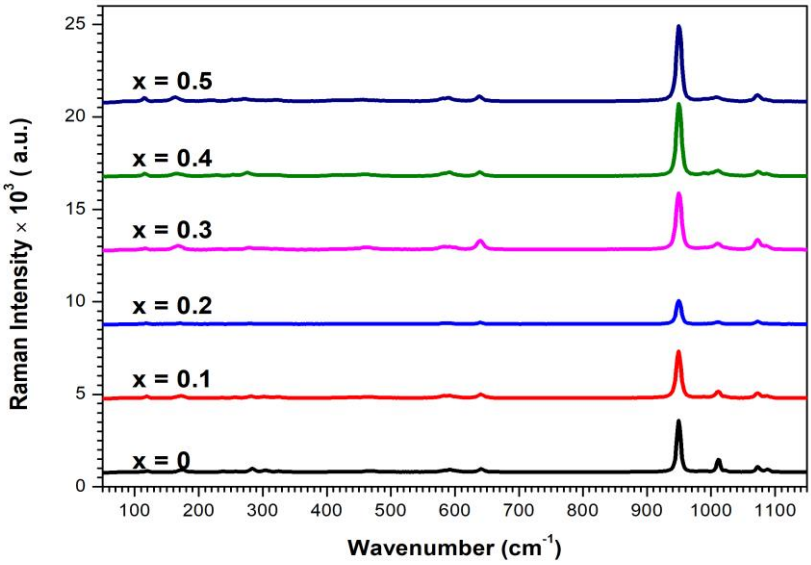


Fig. 1. Raman spectra of $LiNi_{1-x}Co_xPO_4$ (x = 0–0.5) samples measured in the range of 0–1200 cm^{-1}

Fig. 1 shows a Raman spectra for $LiNi_{1-x}Co_xPO_4$ (x = 0–0.5) crystals in the wavelength range of 0–1200 cm^{-1}. The intensity variation of Ag mode (~948.5 cm^{-1}) in $LiNi_{1-x}Co_xPO_4$ samples was shown to decrease up to x = 0.2 and then increase as the doping concentration increases. The bond length P–O, on the other hand, was demonstrated to increase for x up to 0.2 and decrease as x further increases while keeping the olivine crystal structure.

The reported study was funded by RFBR (project No. 19-32-60011).

1. P.J. Brown, J.B. Forsyth, F. Tasset, Studies of magneto-electric crystals using spherical neutron polarimetry, Solid State Sci. 7(6) (2005) 682–689.
2. N. Nitta, F. Wu, J.T. Lee, G. Yushin, Li-ion battery materials: present and future, Mater. Today 18 (2015) 252–264.
3. .I. Fomin, V.P. Gnezdilov, V.S. Kurnosov, A.V. Peschanskii, A.V. Yeremenko, Raman scattering in a LiNiPO4 single crystal, Low Temp. Phys. 28 (2002) 203–209.

ВЛИЯНИЕ ФОТОННОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ ПЛЕНОК ОКСИДА НИОБИЯ

Сериков Д. В.[1], Габриельс К. С.[1], Дыбов В. А.[1], Макагонов В. А.[1], Половинкин А. А.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

E-mail: dmitriy.tut@mail.ru

EFFECT OF PHOTON TREATMENT ON STRUCTURE OF NIOBIUM OXIDE FILMS

Serikov D.[1], Gabriels K.[1], Dybov V.[1], Makagonov V.[1], Polovinkin A.[1]

[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

In this work, we investigate changes in the phase composition, morphology, and structural changes during the photonic treatment of films obtained in the process of ion-beam sputtering of an Nb_2O_5 target. It was found that the initial films have an amorphous structure; at an irradiation energy of ~ 1

Цель работы – установление влияния фотонной обработки (ФО) на фазовые и структурные превращения тонких пленок Nb–O.

Пленки Nb–O толщиной от 60 до 130 нм получали в процессе ионно-лучевого распыления поликристаллической мишени Nb_2O_5 и осаждения на неподогреваемые подложки из монокристаллического кремния (111) Si. Фотонный отжиг полученных пленок проводили в вакууме (10^{-5} Торр) излучением импульсных ксеноновых ламп (λ=0,2—1,2 мкм) при дозе энергии излучения, поступающего на образец, D=160 Дж/см^2 на установке УОЛ.П-1М в течении 1,5 с. Фазовый состав исходных и после ФО пленок исследовали методом рентгеновской дифрактометрии (РД) (Bruker D2 Phaser), морфологию поверхности исследовали методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) (Solver 47).

По данным РД установлено, что на поверхности (111)Si формируются пленки с аморфной структурой. ФО полученных пленок приводит к кристаллизации аморфной фазы и образованию двух фаз с кристаллической структурой (рис. 1а): тетрагональной фазы NbO_2 (P42/mmm) с параметрами решетки a = 4,7845 Å, c = 3,029 Å и орторомбической Nb2O5 (Pbam) с параметрами решетки a = 6,175 Å, b = 29,175 Å и c = 3,93 Å. При увеличении толщины пленки фазовый состав пленки не изменяется, и соотношение фаз фактически остается постоянным (30% NbO_2 / 70% Nb_2O_5).

По результатам исследований методом АСМ (рис. 1 б-ж), поверхность аморфных пленок достаточно гладкая, средняя шероховатость (R_a) с увеличением толщины пленки меняется незначительно от R_a = 1,5 нм для пленок толщиной (h) 60 нм до R_a = 4 нм для пленок с h = 130 нм соответственно. На поверхности пленок толщиной 60 нм наблюдается наличие пор с плотностью распределения ~ 2 ×109

см-2 в интервале латеральных размеров от 20 до 60 нм. На поверхности пленок толщиной 90 и 130 нм пор не наблюдается.

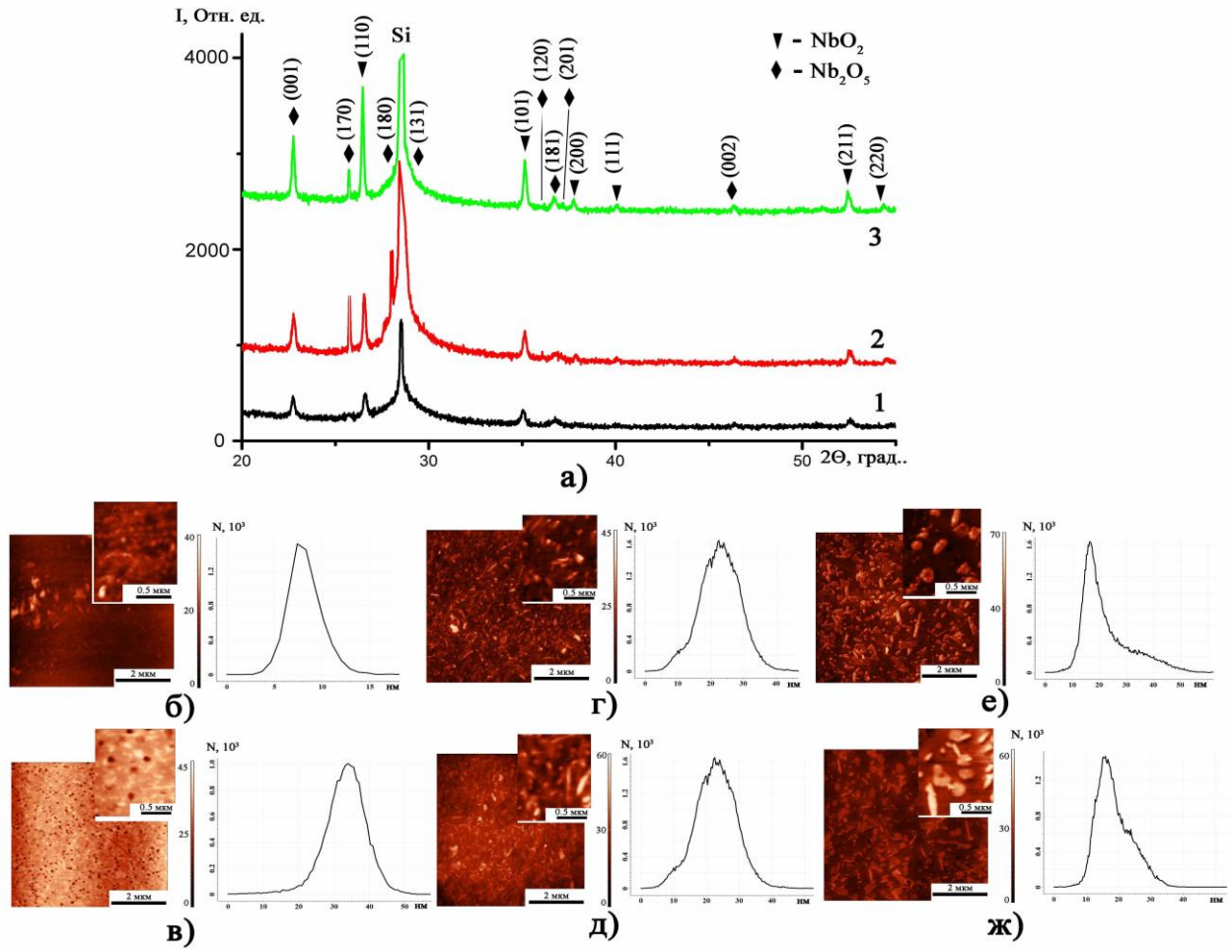


Рис. 1. Рентгеновские дифрактограммы пленок Nb-O (а): толщиной 60 нм (1), 90 нм (2) и 130 нм (3) после ФО, и АСМ-сканы поверхности и гистограммы распределения высот поверхности пленок Nb-O (б-ж)

Из гистограмм распределения высот неровностей поверхности видно, что в пределах площади 5 х 5 мкм^2 с ростом толщины пленки наблюдается как уширение интервалов распределения высот, так и смещения максимума распределения. Так для пленок с толщиной 60 нм распределение высот неровностей находится в интервале 4 – 12 нм с максимумом, приходящимся на 7 нм. Для пленок толщиной 90 нм интервал распределения увеличивается до 4 – 30 нм с максимумом, приходящимся на 12 нм, а для пленок толщиной 130 нм, область распределения высот составляет 5 – 35 нм, а максимум приходится на 15 нм.

На пленках после ФО наблюдается увеличение средней шероховатости, составляющей 3,2 нм для пленок с h = 60 нм, 3,8 нм для пленок с h = 90 нм и 6,8 нм для пленок с h = 130 нм соответственно.

Установлено, также, что в пленках толщиной 60 нм, высокоэнергетическое воздействие ФО приводит к увеличению латеральных размеров пор до 60 – 110 нм, и уменьшению плотности распределения на 25 %.

Работа была выполнена при поддержке государственного задания (N FZGM-2020-0007)

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ДИОКСИДА ГАФНИЯ ПРИ МЕЖЗОННОМ ВОЗБУЖДЕНИИ

Шилов А.О.[1], Савченко С.С.[1], Вохминцев А.С.[1], Силенкова Е.А.[1], Вайнштейн И.А.[1, 2]

[1)] НОЦ НАНОТЕХ, Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: ao.shilov@urfu.ru

TEMPERATURE FEATURES OF HAFNIA PHOTOLUMINESCENCE UNDER BAND-TO-BAND EXCITATION

Shilov A.O.[1], Savchenko S.S.[1], Vokhmintsev A.S.[1], Silenkova E.A.[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

We analyzed photoluminescence spectra for m-HfO_2 powder in 60-300 K temperature range under 5.9 eV excitation. Two emission bands at 2.55 and 4.11 eV were observed. Temperature effects in the behavior of spectral parameters of these bands and luminescence quenching mechanisms are investigated.

Структуры диоксида гафния различной размерности и с различными морфологическими особенностями обладают уникальным сочетанием механических, электрических и оптических свойств. Перспективы применения HfO_2 при производстве люминесцентных экранов и светодиодов, а также при использовании в качестве сцинтилляционного материала требуют понимания особенностей его электронной структуры и закономерностей формирования электронно-оптических свойств. Ранее, нами были изучены оптические свойства, а также выполнены оценки ширины запрещённой зоны для тонких плёнок [1] и наноструктурированного порошка [2] диоксида гафния. Данная работа посвящена исследованию люминесцентных свойств указанного порошка в диапазоне температур 60 – 300 K.

Образцы представляли собой номинально чистый порошок HfO_2 марки ГФО-1 (ТУ 48-4-201-72), который обладает моноклинной кристаллической фазой с

пространственной группой $P2_1/c$. Спектры фотолюминесценции при возбуждении фотонами с энергией 5.9 эВ, что соответствует межзонным оптическим переходам, были измерены с помощью спектрометра Perkin Elmer LS 55. Для изучения влияния температуры на люминесцентные свойства в диапазоне 60 – 300 K, образцы помещались в криостат Janis CCS 100/204N, оснащённый температурным датчиком DT-670B-CU и контроллером Model 335.

При комнатной температуре в спектре излучения наблюдается полоса 2.55 эВ с полушириной 0.58 эВ, обусловленная оптически активными центрами на основе кислородных вакансий. Обнаружено, что в диапазоне $T < 200$ K наблюдается свечение с максимумом 4.11 эВ и полушириной 0.71 эВ ($T = 190$ K), которое может быть связано с процессами излучательной релаксации автолокализованного экситона. На основе полученных спектров проанализированы процессы температурного тушения фотолюминесценции 2.55 и 4.11 эВ, которые протекают по термоактивационному механизму и характеризуются энергиями безызлучательной релаксации 204 и 160 ± 15 мэВ, соответственно. Сделанные в работе предположения и заключения обсуждаются в рамках сравнения с независимыми литературными данными.

Работа выполнена при поддержке научного проекта Минобрнауки FEUZ-2020-0059.

1. A.O. Shilov, S.S. Savchenko, A.S. Vokhmintsev, V.A. Gritsenko, I.A. Weinstein, AIP Conf. Proc. 2313, 030006 (2020).
2. A.O. Shilov, S.S. Savchenko, A.S.Vokhmintsev, A.V. Chukin, M.S. Karabanalov, M.I. Vlasov, I.A.Weinstein, J. Sib. Fed. Univ. Math. Phys.,14(2), 1–6 (2021)

CATHODOLUMINESCENCE AND THERMOLUMINESCENCE OF LiF:Fe CRYSTALS

Shyngaliyeva U. N.[1]

[1)] L.N. Gumilyov Eurasian National University 2 Satbaeva 010000, Nur-Sultan, Kazakhstan
E-mail: nurlybekovnaa9898@mail.ru

This work presents the results of cathodoluminescence and thermoluminescence of LiF: Fe crystals.

Lithium fluoride is the best system for dosimetry of gamma radiation and fast electrons. Tissue equivalence, starting from an energy of 40 keV, high sensitivity (from 10 μR) and a long retention time of dosimetric information - these properties push LiF to the first place in individual dosimetry, radiology and radiobiological research. In this work, we investigated the luminescence properties of lithium fluoride crystals activated with iron oxides ($LiF\text{-}Fe_2O_3$).

The position of the maximum of the band of activator luminescence during cathodoluminescence in these crystals is at 427 nm in the LiF-Fe crystal, and the absorption bands of the F^2 and F^{3+} centers are present in the region of 450 nm. The reabsorption of the activator luminescence of F^2 and F^{3+} centers is observed, which leads to a decrease in the light output of the activator luminescence with an increase in the absorbed dose.

According to the thermoluminescence (TL) spectra and the diagrams of the dependence of the light yield on the dose under X-ray irradiation, the light yield of the LiF: Fe crystal is very close to the DTG-4 standard and demonstrates the same linear dependence up to an absorption dose of 1 Gy. Deviations from the linear relationship are observed in the dose range from 1 to 50 Gy. All crystals show similar luminous flux up to 20 Gy. Considering this similarity, we can recommend the use of LiF:Fe crystals for personal dosimetry, dosimetry of gamma radiation.

1. L.A. Lisitsyna, V.I. Korepanov, A.E. Eliseev, A.K. Dauletbekova, A.A. Abdrakhmetova. Pulsed Cathodoluminescence of F2 Centers in Undoped and Doped LiF Crystals // Inorganic Materials, - 2011. - V. 47, № 5. - P.531-534.

ОПТИЧЕСКИ СТИМУЛИРОВАННОЕ ВЫСВЕЧИВАНИЕ ЦЕНТРОВ ЗАХВАТА В ГЕКСАГОНАЛЬНОМ НИТРИДЕ БОРА

Силенкова Е.А.[1], Вохминцев А.С.[1], Вайнштейн И.А.[1]

[1)] НОЦ НАНОТЕХ, Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: e.a.krasnoborova@urfu.ru

OPTICALLY STIMULATED BLEACHING OF CAPTURE CENTERS IN HEXAGONAL BORON NITRIDE

Silenkova E.A.[1], Vokhmintsev A.S.[1], Weinstein I.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Optically stimulated luminescence (OSL) in UV-irradiated h-BN nanopowder have been studied. Two types of active traps have been found using the OSL response analysis. The corresponding photoionization cross sections 2.3×10^{-19} and 1.3×10^{-20} cm^2 have been estimated for the centers investigated.

Гексагональный нитрид бора h-BN представляет собой широкозонный материал с энергетической щелью 5.5 - 6 эВ, который характеризуется повышенными характеристиками электросопротивления, теплопроводности, механической твердости и др. Структуры на основе h-BN широко применяются в различных наукоемких технологиях, в частности, в оптоэлектронике, фотонике, а также твердотельной дозиметрии в качестве перспективной высокочувствительной среды для детекторов ультрафиолетового излучения [1, 2]. В настоящей работе

выполнена оценка фундаментальных параметров активных центров захвата носителей заряда в наноструктурированном порошке гексагонального нитрида бора с использованием метода оптически стимулированной люминесценции (ОСЛ).

Исследуемые образцы (Hongwu International Group Ltd.) представляли собой номинально чистый порошок h-BN с размером частиц 80-100 нм. Для получения временных зависимостей ОСЛ использовался модернизированный канал для оптических измерений, реализованный на базе люминесцентного спектрометра Perkin Elmer LS 55. Облучение образца осуществлялось монохроматическим УФ-излучением с длиной волны 230 нм, варьирование дозы в диапазоне от 10 мДж/см^2 до 2.5 Дж/см^2 проводилось за счет изменения времени облучения. В качестве источника оптической стимуляции в режиме непрерывной волны использовался красный лазерный светодиод (660 нм), плотность мощности в месте расположения образца составляла 4.2 мВт/см^2. Для оценки эффективности ОСЛ процессов, протекающих в облученных структурах h-BN, были проведены измерения термостимулированной люминесценции (ТСЛ) в полосе 420 нм в условиях линейного нагрева со скоростью 1 К/с до и после оптической стимуляции образца.

Установлено, что после облучения в исследуемом порошке при комнатной температуре наблюдается послесвечение, для которого были проанализированы временные характеристики. Экспериментальные ОСЛ кривые в виде затухающих во времени зависимостей были количественно описаны в предположении суперпозиции двух экспоненциальных компонент. Расчетные значения для постоянных времени затухания составили 1.0 и 19.7 сек. На основе полученных данных было сделано заключение о наличии двух структурных типов центров захвата в h-BN, которые участвуют в формировании наблюдаемого ОСЛ отклика. Для всего диапазона доз были выполнены оценки сечений фотоионизации для указанных ловушек 2.3 $\times 10^{-19}$ и 1.3 $\times 10^{-20}$ см^2.

Эффективность высвечивания обсуждаемых дефектных центров была подтверждена измерениями термостимулированной люминесценции в облученных порошках. Установлено, что кривая ТСЛ, регистрируемая до оптической стимуляции, характеризовалась двумя пиками с максимумами при 343 и 492 К. В то же время низкотемпературное свечение не наблюдается в образцах после измерений ОСЛ зависимостей, а интенсивность пика 492 К существенно снижается. Этот факт свидетельствует о необходимости использования более коротковолновой стимуляции для полного высвечивания глубоких ловушек.

Исследование выполнено в рамках инициативного научного проекта FEUZ-2020-0059 Минобрнауки РФ

1. A.S. Vokhmintsev, M.G. Minin, I.A. Weinstein, Radiation measurements, 90, 205–209 (2016).
2. A.S. Vokhmintsev, M.G. Minin, I.A. Weinstein, Radiation measurements, 106, 55–60 (2017).

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВОДОРОДА В КОМПЛЕКСНОМ ГИДРИДЕ $LiBH_4•NH_3$ МЕТОДОМ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

Скорюнов Р. В.[1], Бабанова О. А.[1, 2], Солонинин А. В.[1], Скрипов А. В.[1], Гриндерслев Якоб[3], Йенсен Торбен Рене[3]

[1)] Институт физики металлов Уральского отделения Российской академии наук, Россия
[2)] ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Россия
[3)] Орхуский университет, Дания
E-mail: skoryunov@imp.uran.ru

NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE STUDY OF HYDROGEN DYNAMICS IN THE COMPLEX HYDRIDE $LiBH_4•NH_3$

Skoryunov R. V.[1], Babanova O. A.[1, 2], Soloninin A. V.[1], Skripov A. V.[1], Grinderslev Jakob[3], Jensen Torben René[3]

[1)] Institute of Metal Physics, Russia
[2)] Ural Federal University, Russia
[3)] Aarhus University, Denmark

To study the hydrogen dynamics in lithium borohydride $LiBH_4•NH_3$ we have measured 1H NMR spectra and spin-lattice relaxation rates in a wide temperature range. It was shown that protons dynamics in temperature range 58 – 287 K is governed by thermally activated reorientations of BH_4 groups.

Комплексные гидриды, описываемые общей формулой $M_x[A_mH_n]_y$, являются ионными соединениями, состоящими из металлических катионов M и комплексных анионов $[A_mH_n]$, таких как $[BH_4]^–$, $[NH_2]^–$, $[AlH_4]^–$, $[B_{12}H_{12}]^{2–}$ или $[SiH_3]^–$. Некоторые комплексные гидриды обладают высокой ионной проводимостью [1], что открывает перспективы их использования в качестве твердых электролитов для источников тока. Например, известно, что в соединении $LiBH_4$, которое считается перспективным для создания источников тока, вращательная подвижность анионов способствует высокой ионной проводимости. В данном соединении ионная проводимость возрастает на несколько порядков величины вследствие фазового перехода при температуре около 380 K [2]. Одним из способов снизить температуру такого фазового перехода является создание комплексных гидридов металлов со смешанными анионами [3]. Одним из таких комплексных гидридов является соединение $LiBH_4•NH_3$, содержащее тетраэдрический анион $[BH_4]^–$ и незаряженный лиганд NH_3 [4]. Отметим, что в комплексных гидридах важную роль в реализации высокой подвижности катионов может играть реориентационная динамика комплексных анионов. Таким образом, цель работы - это систематическое исследование анионной динамики в борогидриде лития $LiBH_4•NH_3$ методом ядерного магнитного резонанса (ЯМР) в широких диапазонах температур и резонансных частот.

Измерения ЯМР были проведены на импульсном спектрометре SXP «Bruker». Скорости спин-решеточной релаксации были измерены на частотах $\omega/2\pi = 14$ и 28 МГц для ^{1}H в интервале температур 58 – 287 K. Спектры ЯМР на ядре ^{1}H в диапазоне температур 18 – 287 K записаны с помощью Фурье-преобразования сигналов солид-эха.

Согласно полученным нами результатам, максимумы скоростей спин-решеточной релаксации R_1 возникают при температурах около 93 K и около 173 K, что характерно для механизма, обусловленного ядерным диполь-дипольным взаимодействием, которое модулируется тепловым атомным движением. Стоит отметить, что низкотемпературный пик R_1 возникает при существенно более низкой температуре, чем соответствующий пик в исходном $LiBH_4$, который наблюдается около 160 K [5]. Это означает, что атомное движение в $LiBH_4 \bullet NH_3$ намного более быстрое, чем в $LiBH_4$. Наиболее вероятным объяснением наличия максимумов R_1 является существование реориентаций групп BH_4. Эволюция спектров ЯМР ^{1}H, полученных на частоте 28 МГц, показывает, что ширина линии (FWHM – полная ширина на половине высоты) существенно изменяется в диапазоне 58 – 108 K (от 48 кГц до 33 кГц), что является типичным поведением ширины линии, обусловленным наличием процесса локального атомного движения (реориентаций BH_4).

1. A. Unemoto, S. Yasaku, G. Nogami, M. Tazawa, M. Taniguchi, M. Matsuo, T. Ikeshoji, S. Orimo, Appl. Phys. Lett., 105, 083901, (2014)
2. M. Matsuo, Y. Nakamori, S. Orimo, H. Maekawa, H. Takamura, Appl. Phys. Lett., 91, 224103, (2007)
3. M. Paskevicius, L.H. Jepsen, P. Schouwink, R. Černý, D.B. Ravnsbæk, Y. Filinchuk, M. Dornheim, F. Besenbacherf, T.R. Jensen. Chem. Soc. Rev., 46, 1565-1634, (2017)
4. Y. Yan, J. Grinderslev, Y.-S. Lee, M. Jørgensen, Y. W. Cho, R. Černý, T. R. Jensen, Chem. Commun., 56, 3971-3974, (2020)
5. A.V. Skripov, A.V. Soloninin, Y. Filinchuk, D. Chernyshov. J. Phys. Chem. C, 112, 18701-18705, (2008)

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В НЕСТАБИЛИЗИРОВАННОМ ZrO_2

Стогней О. В.[1], Смирнов А. Н.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
E-mail: deadpunk@inbox.ru

PHASE TRANSFORMATIONS IN UNSTABILIZED ZrO_2

Stogney O. V.[1], Smirnov A. N.[1]

[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Films of unstabilized ZrO_2 with an orthorhombic structure have been obtained and studied. In this work, the influence of oxygen vacancies on the stabilization of nonequilibrium phases in pure ZrO_2 is shown.

Известно, что в чистом (беспримесном) диоксиде циркония существует три стабильных модификации ZrO_2 в конкретных температурных интервалах: моноклинная (до 1205 ^{0}C), тетрагональная (1075 – 2377 ^{0}C), кубическая (2377 ^{0}C – температура плавления) [1]. Стабилизация высокотемпературных модификаций ZrO_2 при комнатной температуре достигается легированием оксида (чаще всего иттрием). В данной работе исследовано влияние вакансий на стабилизацию неравновесных фаз в беспримесном ZrO_2.

Получение пленок ZrO_2 осуществлялось методом ионно-лучевого рас-пыления керамической мишени (моноклинный ZrO_2) с последующим осаждением материала на подложки в среде аргона (P_Ar=8,2·10$^-$4 мм.рт.ст).

Структура напыленных плёнок оказалась орторомбической (рис. 1а), то есть неравновесной и метастабильной (данная модификация диоксида отсутствует на равновесной фазовой диаграмме во всем температурном интервале). Формирование такой структуры связано с неравновесными условиями получения (температура подложек не превышала 30 ^{0}C). Стабилизация орто-ромбической модификации ZrO_2 при комнатной температуре происходит за счет вакансий, формирующихся в диоксиде, вследствие того, что его напыление осуществлялось в среде чистого аргона без дополнительного введения кислорода.

Поскольку орторомбическая модификация ZrO_2 является неравновесной и метастабильной, а напылённый оксид не содержит стабилизирующих примесей, предполагалось, что термический отжиг полученных образцов должен приводить к формированию равновесной (моноклинной) фазы. Существование других модификаций ZrO_2 (тетрагональной или кубической) при комнатной температуре, было бы возможно лишь в случае наличия стабилизирующих примесей (например, примеси иттрия). Однако отжиги, проведённые в течение 5 мин при 600 ^{o}C, привели к формированию высокотемпературной кубической модификации диоксида без каких либо признаков моноклинной фазы (рис. 1а). По всей видимости, стабилизация высокотемпературной фазы в условиях отсутствия примеси иттрия, происходит за счет кислородных вакансий, возникших при получении пленки.

Отсутствие зависимости результатов отжига от среды (вакуум или воздух, рис. 1а) обуславливается кратковременностью отжига, что не приводит к изменению концентрации вакансий. Проявление моноклинной фазы наблюдается только после более длительного отжига (120 мин.) при более высокой температуре (700 - 750 ^{0}C), рис. 1б. Предположительно, при таких условиях инициируются процессы ми-грации кислородных вакансий к поверхности пленки, то есть уменьшается их концентрация. Снижение плотности кислородных вакансий в отсутствии стабилизирующих примесей в ZrO_2 приводит к образованию равновесной моноклинной фазы.

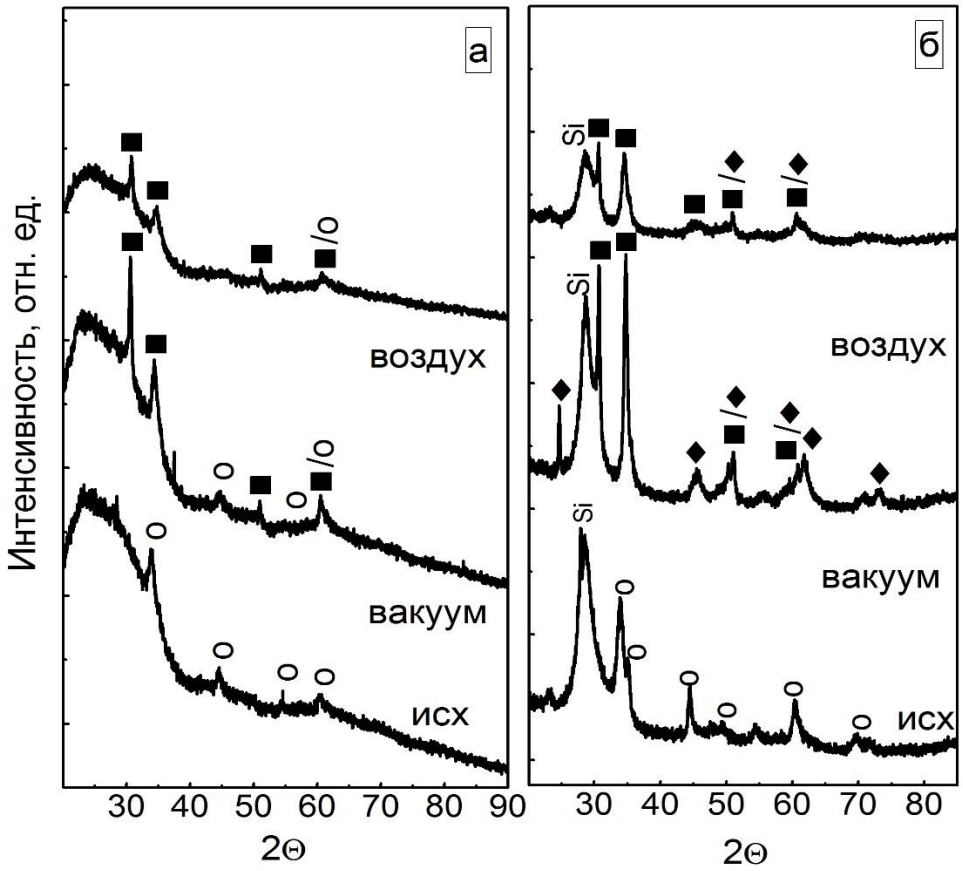


Рис. 1. Рентгенограммы пленок нестабилизированного ZrO_2: а) на стеклянной подложке; б) кремниевой подложке, где ■ - кубическая, о - орторомбическая, ♦ - моноклинная фазы.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки в рамках государственного задания (проект FZGM-2020-0007)

1. A.Méthivier, Thèse de doctorat, ENSM et INPG, Saint Etienne, (1992).

СПЕКТРОСКОПИЯ ЯМР/ЯКР ^{63,65}Cu МУЛЬТИФЕРРОИКА CuO

Смольников А.Г.[1, 2], Садыков А.Ф.[1], Оглобличев В.В.[1],
Геращенко А.П.[1], Гермов А.Ю.[1], Тропин Е.С.[2]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН,
Екатеринбург, Россия
[2)] Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: Smolnikov@imp.uran.ru

^{63,65}Cu NMR/NQR SPECTROSCOPY OF CuO MULTIFERROIC

Smolnikov A.G.[1, 2], Sadykov A.F.[1], Ogloblichev V.V.[1],
Gerashenko A.P.[1], Germov A. Yu.[1], Tropin E.S.[2]

[1)] Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch, Russian Academy of Sciences,
Yekaterinburg, 620108 Russia
[2)] Institute of High Temperature Electrochemistry, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg 620137, Russia

Simple binary compound CuO has a temperature range of multiferroic state (230 – 213 K) [1] and can be used as a basic compound for new functional materials. ^{63,65}Cu have both magnetic and quadrupole moments and are useful for NMR and NQR investigation of the charge and magnetic ordering.

В работе были исследованы порошки мультиферроика CuO. Получены спектры ядерного магнитного резонанса (ЯМР) ^{63,65}Cu в антиферромагнитной фазе (80 K – 210 K) и спектры ядерного квадрупольного резонанса (ЯКР) в парамагнитной фазе (T = 300 K) мультиферроика CuO. Спектры получены в отсутствии внешнего магнитного поля (H_0 = 0). Резонансная частота и форма спектров ЯМР/ЯКР в этом случае определяется локальными магнитными и электрическими полями, создаваемыми в месте расположения ядра магнитного иона его магнитным и зарядовым окружением, и зависит от направления локального магнитного поля в кристалле. Спектры ЯМР ^{63,65}Cu, полученные при T = 80 K (рис.1), хорошо обрабатываются со следующими параметрами аппроксимации: локальное магнитное поле H_{loc} = 121(1) кЭ, квадрупольные частоты $^{63}\nu_Q$ = 19.0(2) МГц и $^{65}\nu_Q$ = 17.5(2) МГц, параметр асимметрии η = 0.69(3), направление локального магнитного поля совпадало с направлением главной оси тензора градиента электрического поля (ГЭП) Zq. Спектры ЯКР ^{63,65}Cu, полученные при T = 300 K, могут быть обработаны теоретическими кривыми, построенными со значениями ν_Q и η, совпадающими со значениями для спектра ЯМР.

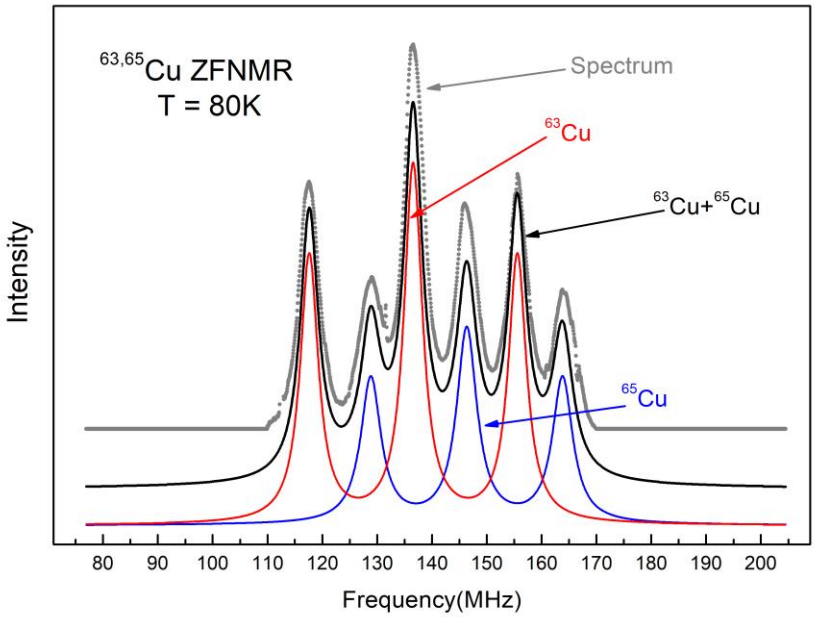


Рис.1 Спектр ЯМР ^{63,65}Cu антиферромагнитной фазы (T = 80 K) мультиферроика CuO, сплошные кривые – результат аппроксимации экспериментальных данных.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Функция», № АААА-А19-119012990095-0) и гранта Президента РФ МК-6094.2021.1.2.

1. Wang Z. et al. Magnetoelectric effect and phase transitions in CuO in external magnetic fields //Nature communications. – 2016. – Т. 7. – №. 1. – С. 1-8.

СВЕРХТОНКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В БОРАТЕ ЖЕЛЕЗА $FeBO_3$

Снегирев Н. И.[1], Любутин И. С.[1], Старчиков С. С.[1], Чуев М. А.[2], Смирнова Е. С.[1], Киямов А. Г.[3], Ягупов С. В.[4], Стругацкий М. Б.[4], Алексеева О. А.[1]

[1)] Институт кристаллографии им А.В. Шубникова ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН
[2)] Физико-технологический институт им. К.А. Валиева РАН
[3)] Институт физики ФГАОУ ВО «Казанский федеральный университет»
[4)] Физико-технический институт ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского»
E-mail: niksnegir@yandex.ru

HYPERFINE INTERACTIONS IN IRON BORATE $FeBO_3$

Snegirev N. I.[1], Lyubutin I. S.[1], Starchikov S. S.[1], Chuev M. A.[2], Smirnova E. S.[1], Kiyamov A. H.[3], Yagupov S. V.[4], Strugatsky M. B.[4], Alekseeva O. A.[1]

[1)] Shubnikov Institute of Crystallography of Federal Scientific Research Centre “Crystallography and Photonics” of Russian Academy of Sciences
[2)] Valiev Institute of Physics and Technology RAS
[3)] Institute of Physics, Kazan Federal University
[4)] Physics and Technology Institute, V.I. Vernadsky Crimean Federal University

For the $FeBO_3$ single crystal, the values of isomer shift, quadrupole constant and magnetic hyperfine field were determined for over a wide temperature range.

Борат железа $FeBO_3$ изоструктурен минералу кальциту $CaCO_3$ и принадлежит к пространственной группе симметрии [1]. Несмотря на то, что это соединение было впервые синтезировано еще в 1963 году, интерес исследователей к нему возрастает из-за возможности применений кристаллов $FeBO_3$ в различных областях, включая оптоэлектронику и синхротронные технологии [1, 2].

Целью настоящей работы было исследовать монокристаллы бората железа $FeBO_3$ с помощью мёссбауэровской спектроскопии и определить параметры сверхтонкого взаимодействия: эффективное магнитное поле на ядре 57Fe, изомерный химический сдвиг и электрическое квадрупольное расщепление в $FeBO_3$ в широком диапазоне температур.

Для обработки экспериментальных спектров и расчета спектроскопических параметров была разработана физическая модель, которая учитывает комбинированное магнитное дипольное и электрическое квадрупольное взаимодействие. Установлено, что величина изомерного сдвига δ уменьшается с ростом температуры от 0.511 мм/с при 10 К до 0.340 мм/с при 373 К, и её температурная зависимость характерна для эффекта Доплера второго порядка (см. рисунок 1). Монотонное поведение зависимости параметра квадрупольного расщепления ε от температуры показывает, что в исследованном диапазоне температур в кристалле $FeBO_3$ не происходит структурных превращений. Величина эффективного магнитного поля на ядре ионов железа H_{hf} при температуре 10 К равна 55.75(1) Т;

значение H_{hf} падает при нагреве и довольно резко обращается в ноль в точке магнитного перехода ($T_N \approx 348{,}5$ K).

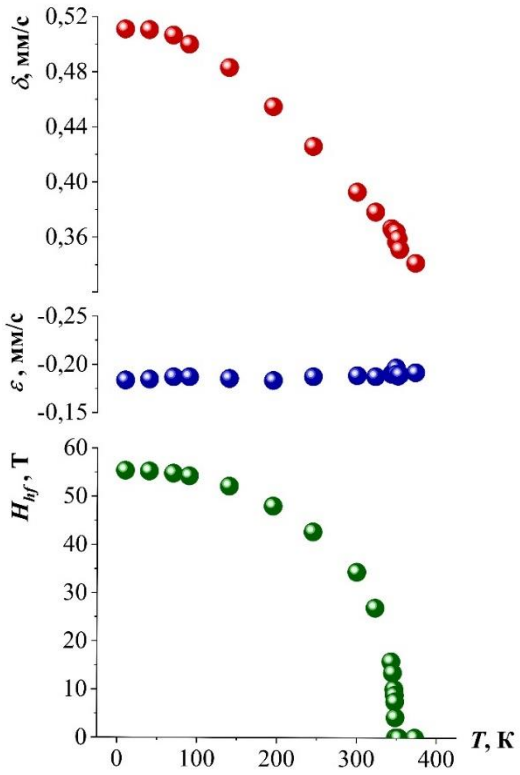


Рис. 1. Зависимость параметров изомерного сдвига δ, квадрупольного расщепления ε и магнитного поля на ядре ионов железа H_{hf} от температуры (красные, синие и зеленые точки, соответственно).

Установлено, что главная ось градиента электрического поля (ГЭП) ортогональна магнитным моментам, лежащим в базисной плоскости, и направлена вдоль оси третьего порядка кристалла. Для того чтобы исключить возможную неопределенность результата, связанную с эффектом толщины мёссбауэровского поглотителя, ориентация оси ГЭП была также рассчитана Ab initio на основе структурных параметров, полученных с помощью рентгеновского анализа. Результаты квантово-химического моделирования находятся в хорошем согласии с данными, полученными из анализа мёссбауэровских спектров.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ, проект № 19-29-12016-мк, в части мёссбауэровских исследований и теоретического анализа.

Рентгеновские измерения проведены при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках выполнения работ по Государственному заданию ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» с использованием оборудования ЦКП (проект RFMEFI62119X0035).

1. Yagupov S., Strugatsky M., Seleznyova K.et al., Cryst. Growth Des. V. 18, P. 7435, (2018)
2. Smirnova E. S., Snegirev, N. I., Lyubutin, I. S. et al., Acta Cryst. B., V. 76, №. 6, P. 1100, (2020)

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОФИЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА С ПОМОЩЬЮ ПРОВОЛОЧНОГО ДЕТЕКТОРА

Бригинец С. А.[1], Гусаревич Е. С.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

E-mail: briginets.sofya@yandex.ru

RECONSTRUCTION OF THE ELECTRON BEAM PROFILE USING A WIRE DETECTOR

Briginets S.[1], Gusarevich E.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

The paper considers a method for reconstructing the electron beam profile using a wire detector. The application of this method for profiles of different shapes is considered. The influence of the error in determining the current in the detector on the accuracy of reconstructing the beam profile.

Данная работа посвящена изучению вопросов диагностики пучков заряженных частиц. Пучки заряженных частиц часто применяются в научной, промышленной и даже бытовой аппаратуре. Так, например, пучки тяжёлых ионов используются при постановке экспериментов на современных ускорителях, в электронной промышленности их используют для легирования поверхностных слоёв полупроводниковых материалов [1]. Они также находят применение в ядерной промышленности, где они используются для моделирования радиационных повреждений конструктивных материалов ядерных реакторов. В медицине пучки заряженных частиц применяются в лучевой терапии – для лечения злокачественных новообразований. Электронные пучки применяются в рентгеновских установках, электронной микроскопии, электронной оптике и многих других областях науки и техники.

При использовании пучков заряженных частиц важно знать как именно заряд образующих пучок частиц распределён по поперечному сечению пучка. Одной из важных характеристик, отвечающих за это свойство, является плотность j тока в пучке. В общем случае, когда пучок неоднороден, эта величина может быть разной в разных точках поперечного сечения пучка. Поэтому при постановке экспериментов с участием таких пучков и при их использовании в различных приборах и аппаратуре, знание плотности тока в разных точках пучка является одним из необходимых условий успешного применения таких пучков. Таким образом, задача определения плотности тока в разных точках пучка и её зависимости от основных параметров пучка является одной из важных задач диагностики пучков заряженных частиц.

В работе представлено исследование профиля электронного пучка с помощью проволочного детектора [2]. Проволочный детектор располагается в плоскости поперечного сечения пучка, в результате чего по нему начинает течь ток J, образованный попавшими в него электронами. Перемещая проволочный детектор поперечно пучку (пусть y – координата детектора), величина этого тока будет изменяться. Зная зависимость J(y) тока от координаты детектора, по ней можно восстановить профиль пучка, то есть зависимость плотности тока j от координат точки в пучке.

В данной работе рассмотрено применение вышеописанного метода для восстановления профилей разной формы. Также проведено исследование влияния погрешности измерения тока J в проволочном детекторе на точность восстановления профиля пучка j.

1. Г. Н. Флеров, В. С. Барашенков, УФН 114 (2), 351–373 (1974).
2. А. В. Бублей, В. М. Панасюк, В. В. Пархомчук, В. Б. Рева, ИЯФ 2004-77, Новосибирск (2004).

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТА Rb_2ZnCl_4 - Al_2O_3

Стекленева Л.С.[1], Коротков Л.Н.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет

E-mail: lubov_stekleneva@mail.ru

DIELECTRIC PROPERTIES OF THE Rb_2ZnCl_4 - Al_2O_3 NANOCOMPOSITE

Stekleneva L.S.[1], Korotkov L.N.[1]

[1)] Voronezh State Technical University

The dielectric properties of the Rb_2ZnCl_4 - Al_2O_3 nanocomposite with a matrix pore diameter of about 300 nm were studied within the temperature range 110 – 350 K. A wide temperature hysteresis of dielectric permittivity exceeding the range of experimental temperatures was revealed.

Тетрахлорцинкат рубидия Rb_2ZnCl_4 – это известный сегнетоэлектрик с несоразмерной фазой, существующей в монокристалле в пределах от T_i = 303 К (переход параэлектрическая – несоразмерная фаза) до T_C = 195 К (переход несоразмерная – соразмерная сегнетоэлектрическая фаза) [1]. Однако, поведение тетрахлорцинката рубидия в условиях ограниченной геометрии изучено сравнительно мало.

Для экспериментальных исследований были изготовлены образцы композитов Rb_2ZnCl_4 – Al_2O_3. В качестве матрицы использовалась пористая пленка Al_2O_3 толщиной 20 мкм с вертикальными цилиндрическими порами d = 300,

90, 30 нм. Композитные образцы получали путем помещения матриц в насыщенный водный раствор и выдерживания при температуре ~ 90°С в течение 4-6 ч. После заполнения образцы отжигались в течение 10 ч при температуре 230°С на воздухе.

Температурные зависимости диэлектрической проницаемости, полученные при охлаждении и нагреве образца, заметно различаются (рис. 1). Зависимость ε (Т), полученная при охлаждении образца из параэлектрической фазы, проходит через диффузный максимум в окрестности T_{mc} ≈ 300 К. При последующем нагреве образца из сегнетоэлектрической фазы максимум появляется вблизи T_{mh} ≈ 240 К, далее зависимость ε(Т) проходит через характерный максимум вблизи T_i = 295 К, связанный с переходом из несоразмерной фазы в параэлектрическую.

Во всем исследованном диапазоне температур наблюдается широкий гистерезис диэлектрической проницаемости, что свидетельствует о неравновесном состоянии исследуемого материала.

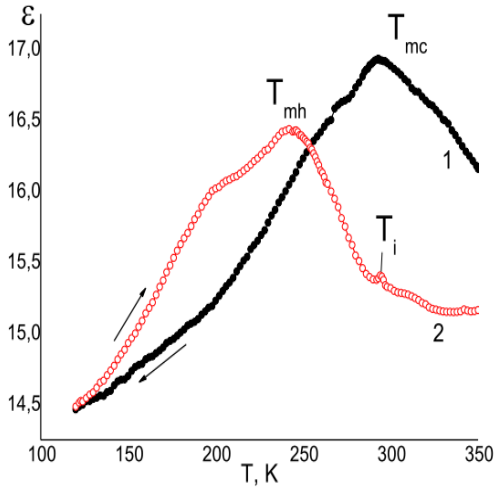


Рис. 1. Температурные зависимости ε для композита Rb_2ZnCl_4 – Al_2O_3, полученные на частоте 100 кГц при охлаждении (1) и нагреве (2)

Следует отметить, что максимумы диэлектрической проницаемости в окрестности T_{mc} и T_{mh} не связаны с поляризацией Максвелла - Вагнера, для которой характерным является сопровождение аномалий диэлектрической проницаемости заметными максимумами tgδ. Однако можно предположить, что данные пики ε связаны с сегнетоэлектрическим фазовым переходом в частицах Rb_2ZnCl_4.

Установлено также, что температура максимума T_{mc} существенно зависит от температуры предварительного нагревания образца и его положение изменяется в пределах 270-330 К в зависимости от тепловой предыстории образца.

Полученные зависимости tgδ(Т) как при нагревании, так и при охлаждении образца, показывают максимум тангенса диэлектрических потерь в окрестности

характерной температуры замерзания доменов $T_f \approx 160$ К. Следует также отметить, что температура T_f в композите $Rb_2ZnCl_4 – Al_2O_3$ практически совпадает с температурой замерзания доменов в композите $Rb_2ZnCl_4 – SiO_2$ [2].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-32-90164.

1. Багаутдинов Б.Ш., Шехтман В.Ш. Эволюция структуры Rb[под]2ZnCl[под]4 в температурном диапазоне 4,2 – 310 К // ФТТ, 1999. - Т. 41. - С. 1084 -1090.
2. Коротков Л.Н. Стекленева Л.С., Флеров И.Н., Михалева Е.А., Рысякевич-Пасек Е., Молокеев М.С., Бондарев В.С., Горев М.В., Сысоев О.И. Структура, диэлектрические и тепловые свойства тетрахлор-цинката рубидия в пористых стеклах // Известия Российской академии наук. Серия физическая, - 2019. - Т. 83. - № 9. - С. 1182 - 1186.

ВЛИЯНИЕ НИКЕЛЯ НА МАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ В ЗОНЕ РЭЛЕЯ

Степанова К.А.[1], Катаев В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: novask98@mail.ru

THE EFFECT OF NICKEL ON MAGNETIC CHARACTERISTICS IN THE RAYLEIGH REGION

Stepanova K.A.[1], Kataev V.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The work is devoted to the influence of the Ni addition on the magnetic properties of a Finemet-type nanocrystalline alloy. In the region of weak fields, magnetization is due to both reversible and irreversible processes. The influence of nickel on the role of each of these processes was investigate

Характер процесса намагничивания магнитомягкого материала во многом зависит от его состава и структуры. Особенно заметно это проявляется в слабых магнитных полях, где намагничивание происходит сначала за счет обратимых, а затем и необратимых процессов. На основной кривой намагничивания этот участок называется зоной Рэлея [1].

В работе исследовали влияния никеля на магнитные характеристики образцов нанокристаллического сплава типа Finemet с добавкой Ni от 0 до 15 %. Перемагничивание образцов происходило в статическом режиме на измерительно-вычис-

лительном комплексе ММКС-05. Относительная погрешность измерения магнитной индукции и напряженности магнитного поля составляет ± 3% и ± 2%, соответственно.

На рис. 1 представлены зоны Рэлея для образцов с разным содержанием Ni, описываемые уравнением $\mu=\mu(0)+H^*(\partial\mu/\partial H)(H=0)$, где первый член обусловлен обратимыми процессами и определяет начальную магнитную проницаемость, а коэффициент при втором показывает интенсивность необратимых процессов. Экспериментально были получены коэффициенты этих прямых для каждого образца, которые позволили оценить соотношение обратимых и необратимых процессов при разной концентрации Ni.

Помимо этого, влияние Ni наблюдается и на гистерезисные характеристики: потери на гистерезис, коэрцитивную силу, изучение которых позволяет судить о роли смещения доменных границ (ДГ) и вращении намагниченности при намагничивании в слабых полях материала с малой магнитокристаллической анизотропией [2].

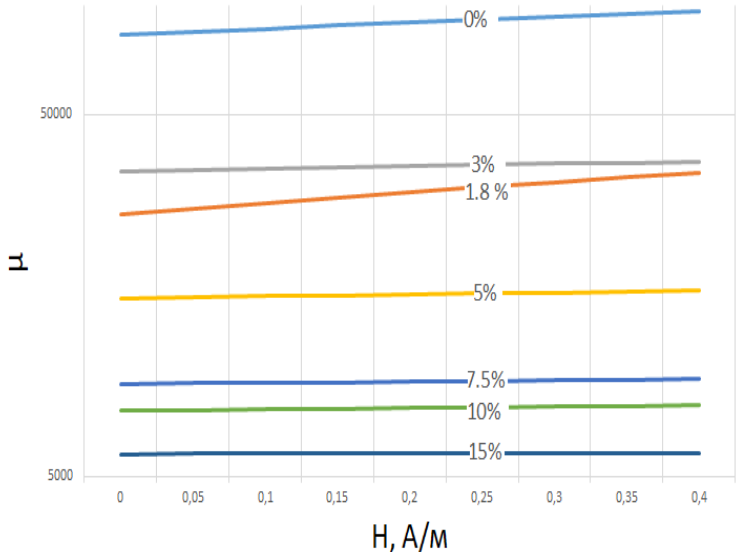


Рис. 1. Зависимость магнитной проницаемости от напряженности поля в зоне Рэлея (цифры на кривых – содержание никеля, мас.%)

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, тема № FEUZ-2020-0051. Авторы благодарны Ю.Н. Стародубцеву за предоставленные образцы сплавов.

1. Chikazumi S., Physics of ferromagnetism, New York: Oxford University Press, 1997.
2. Kataev V.A., Starodubtsev Yu.N., and Bessonova K.O., J. Phys.: Conf. Ser., vol. 1389, 012120 (2019).

ЭНЕРГИИ ОБРАЗОВАНИЯ ТОЧЕЧНЫХ ДЕФЕКТОВ В ГРАНИЦАХ ЗЕРЕН ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ВОЛЬФРАМА

Ступак М. Е.[1], Уразалиев М. Г.[1], Попов В. В.[1]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: shay92@yandex.ru

FORMATION ENERGIES OF POINT DEFECTS IN GRAIN BOUNDARIES OF POLYCRYSTALLINE TUNGSTEN

Stupak M. E.[1], Urazaliev M. G.[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 simulation of grain boundaries in polycrystalline W has been carried out, and values of energy and width of boundaries for various misorientation angles have been calculated. Energies of formation of vacancies and interstitials have been obtained.

Методами компьютерного моделирования проведен расчет энергии образования точечных дефектов (вакансий и межузельных атомов) в симметричных границах наклона <110> поликристаллического W. Расчеты проведены с помощью программного комплекса LAMMPS [1] с использованием потенциала погруженного атома [2]. В качестве визуализатора использовалась программа OVITO [3].

Структура и энергия ГЗ для каждой границы рассчитывалась для различных начальных конфигураций посредством поиска локального минимума энергии методом сопряженных градиентов. Для дальнейшего анализа использовалась структура, соответствующая глобальному минимуму энергии. Были рассчитаны энергии образования вакансий в разных позициях в границе зерна и на разном расстоянии от плоскости границы и проанализирована зависимость энергии образования вакансии от расстояния от плоскости границы. Пример зависимости энергии образования вакансии от расстояния плоскости границы для границы ∑11 (113)[1-10] показан на рисунке.

Проведено сравнение минимальной энергии образования вакансий и внедренных атомов во всех рассмотренных границах. Проанализирована релаксация структуры границ при образовании вакансий и внедренных атомов. Показано, что чем более значительна релаксация структуры, сопровождающая образование точечного дефекта, тем меньше энергия его образования.

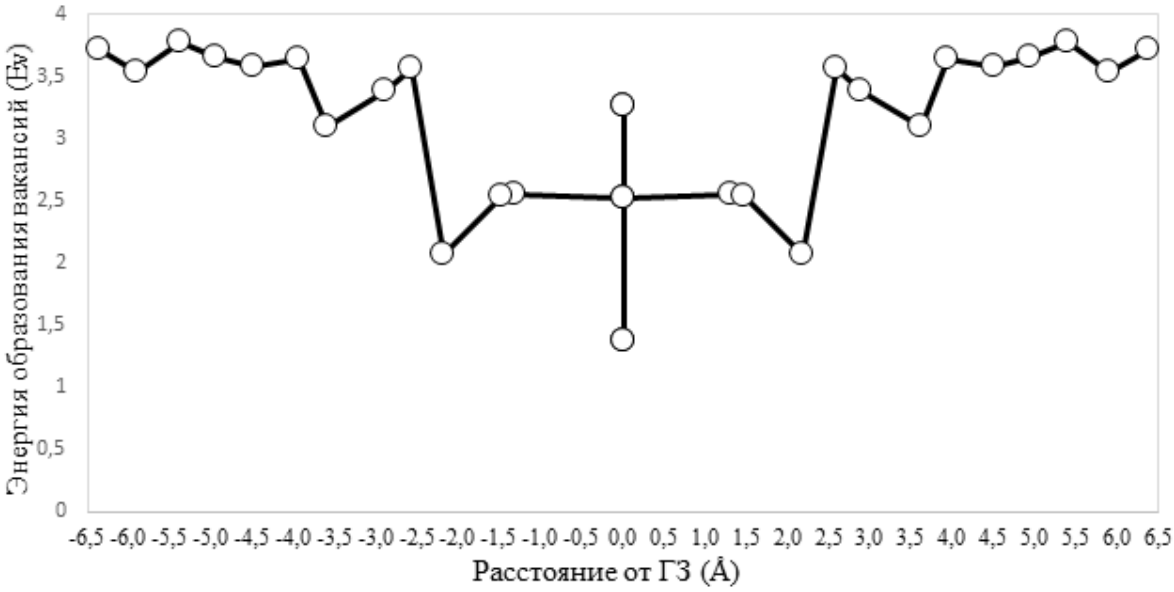


Рис. 1. Зависимость энергии образования вакансий от расстояния от границы для ГЗ ∑11 (113)[1-10]

1. http://lammps.sandia.gov
2. Marinica M.-C., Ventelon L., Gilbert M.R., Proville L., Dudarev S.L., Marian J., Bencteux G., Willaime F. Interatomic potentials for modelling radiation defects and dislocations in tungsten // J. Phys.: Condens. Matter. 2013. V. 25. P. 395502.
3. A. Stukowski,Visualization and analysis of atomistic simulation data with OVITO – the Open Visualization Tool Modelling Simul. Mater. Sci. Eng. 18 (2010), 015012

ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НАНОТУБУЛЯРНОГО ДИОКСИДА ТИТАНА В ВОДОРОДЕ НА ЕГО СТРУКТУРУ И МОРФОЛОГИЮ

Сушникова А.А.[1, 2], Дорошева И.Б.[1, 2, 3], Валеева А.А.[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, Екатеринбург
[3)] Институт химии твердого тела УрО РАН, Екатеринбург
E-mail: sushnikova.ann@gmail.com

IMPACT OF ANNEALING OF NANOTUBULAR TITANIUM DIOXIDE IN A HYDROGEN FLOW ON ITS STRUCTURE AND MORPHOLOGY

Sushnikova A.A.[1, 2], Dorosheva I.B[1, 2, 3], Valeeva A.A.[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 of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The nanotubular films of titanium dioxide were grown by anodization of titanium foil using an original technique. The samples were subsequently annealed at 300, 350, 400 °C in a hydrogen flow. Synthesized samples were characterized by XRD and BET techniques.

В настоящее время ведется поиск технологий модификации структуры диоксида титана (TiO_2) для его использования в видимом диапазоне света в реакциях синтеза новых органических молекул [1,2]. В связи с этим, целью данной работы является подбор оптимальных условий модификации нанотубулярного TiO_2 в водороде.

Нанотубулярный TiO_2 был синтезирован методом анодирования титановой фольги на установке Digma в течение 60 мин при напряжении 60 В с поддержанием температуры электролита на уровне 20 °C. В качестве электролита был использован фторсодержащий раствор этиленгликоля с добавлением воды в пропорции $NH_4F : H_2O : C_2H_6O_2 = 1 : 2 : 98$ по массе. Подобранные параметры синтеза позволили получить толстый слой пленки из нанотрубок диоксида титана, легко отслаивающийся от подложки и использовать его в виде порошка. Отжиг нанотрубок TiO_2 проводился в потоке водорода (источник ГВЧ- 12А) в трубчатой печи МРТ-2МР в течение 1 ч при температурах 300, 350 °C и 400 °C, а также в течение 2 и 4 ч при температуре 400 °C.

Рентгенофазовый анализ (РФА) нанотрубок TiO_2 был выполнен в $CuK_{\alpha 1,2}$ излучении на автодифрактометре Stadi-p. 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 нанотрубок была измерена с использованием анализатора Gemini VII 2390 с предварительной дегазацией при

150 °C. Исследование морфологии нанотрубок было выполнено на растровом электронном микроскопе SIGMA VP (CarlZeiss).

Согласно данным РФА, диффузное гало (от 17 до 40°) и отсутствие дифракционных рефлексов на рентгенограмме исходных пленок свидетельствуют о том, что нанотубулярный слой диоксида титана имеет аморфную структуру. Отжиг при 300 °C приводит к частичной кристаллизации и появлению слабых рефлексов (2θ = 25°), соответствующих структуре анатаза, однако гало все еще присутствует. Следовательно, температура 300 °C соответствует началу процесса кристаллизации. При температуре 400 °C рефлексы приобретают более высокую интенсивность, чем при 350 °C.

Согласно данным БЭТ, удельная площадь поверхности исходного образца и отожженного при 300 и 350 °C составляют 16-18 $м^2$/г. Отжиг нанотрубок TiO_2 в потоке водороде при 400 °C в течение 1-2 часов приводит к повышению удельной площади поверхности до 42-43 $м^2$/г. Отжиг в течение 4 ч понижает значение удельной площади поверхности до 31 $м^2$/г.

Предложенные в данной работе условия синтеза позволяют получать толстые пленки нанотубулярного TiO_2 (до 6 мкм), что достаточно для ее беспрепятственного механического отделения от титановой фольги, и использования в качестве фотокатализатора в виде порошка. Модифицирование нанотубулярного TiO_2 приводит к изменению структуры и увеличению значения удельной площади поверхности.

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)

ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ ФРУСТРИРОВАННЫХ МАГНЕТИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕЙТРОННОЙ И СИНХРОТРОННОЙ ДИФРАКЦИИ

Суслопарова А.Е.[1], Помякушин В.Ю.[2], Курбаков А.И.[1]

[1)] Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова НИЦ «Курчатовский институт», Санкт-Петербург, Россия
[2)] Лаборатория нейтронного рассеяния и визуализации, Институт Пауля Шеррера, Филлиген, Швейцария
E-mail: susloparovanna@mail.ru

INVESTIGATION OF LOW-DIMENSIONAL FRUSTRATED MAGNETS USING THE METHODS OF NEUTRON AND SYNCHROTRON DIFFRACTION

Susloparova A.E.[1], Pomjakushin V.Yu.[2], Kurbakov A.I.[1]

[1)] Petersburg Nuclear Physics Institute named by B.P. Konstantinov of NRC «Kurchatov Institute», Saint-Petersburg, Russia
[2)] Laboratory for Neutron Scattering and Imaging LNS, Paul Scherrer Institute, Villigen, Switzerland

The project focuses on the study by neutron diffraction of a geometrically frustrated layered oxide from a single trigonal magnetic superstructure in the layer, which leads to the formation of complex noncollinear spiral three-dimensional spin structures.

Данная работа направлена на изучение двумерного фрустрированного магнетизма, используя методы нейтронной и синхротронной порошковой дифракции. Особый интерес представляют слоистые оксиды семейства A_2MTeO_6, которые являются геометрически фрустрированными с тригональным устройством магнитной сверхструктуры внутри магнитоактивного слоя. Подобное сочетание свойств, как естественная геометрическая фрустрация базовой магнитной решетки в сочетании с сильной кулоновской корреляцией и спин-орбитальным взаимодействием, может привести к появлению новых экзотических магнитных фаз в этих системах.

Актуальность выбранной темы связана также с тем, что низкоразмерные и одновременно фрустрированные магнетики демонстрируют удивительно богатые магнитные фазовые диаграммы, а в некоторых случаях установление дальнего порядка затрудняется в пользу основного состояния подобного спиновой жидкости с остаточной энтропией.[1] Спин-жидкостные состояния, возникающие в идеальных теоретических моделях, в реальных магнетиках могут оказываться неустойчивыми из-за присутствия различных слабых взаимодействий (одноионной анизотропии, анизотропных спин-спиновых взаимодействий, взаимодействий далёких соседей, спин-решеточных связей или структурных искажений), что и приводит к разнообразным фазовым диаграммам и непредсказуемым фазовым переходам.

Для изучения особенностей кристаллической и магнитной структур серии образцов Li_2MnTeO_6, Na_2MnTeO_6, Ag_2MnTeO_6, Tl_2MnTeO_6, принадлежащих одному семейству A_2MTeO_6 проводились эксперименты на дифрактометрах тепловых и холодных нейтрона HRPT и DMC в PSI (Швейцария), используя метод порошковой нейтронной дифракции при различных температурах. Полученные данные обрабатывались с использованием полнопрофильного анализа в пакете программ FullProf [2]. В результате получено детальное описание природы новых магнитных явлений на микроскопическом уровне, исследованы магнитные взаимодействия, уточнены их величины, знаки и соотношения в ряде соединений Li_2MnTeO_6, Na_2MnTeO_6, Ag_2MnTeO_6, Tl_2MnTeO_6. Несмотря на принадлежность всех соединений к одному семейству, при практически идентичных нейтронограммах при комнатной температуре получены сильно отличные друг от друга нейтронограммы при гелиевых температурах.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 18-12-00375

1. N.D. Mermin and H. Wagner Phys. Rev. Lett. 17(22), 1133 (1966)
2. J. Rodriguez-Carvajal, Recent advances in magnetic structure determination by neutron powder diffraction, Phys. B (Amsterdam, Neth.) 192, 55 (1993).

ИЗМЕНЕНИЕ МАГНИТНОЙ ЭНТРОПИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ НАНОСИСТЕМ, ПЕРЕДАЮЩИХ И ЛОГИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ ЗА СЧЁТ СПИНОВЫХ СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ АТОМОВ

Сырников Е. В.[1], Кашин И. В.[1]

[1)] Кафедра Теоретической физики и прикладной математики, Уральский федеральный университет, ул. Мира 19, 620002 Екатеринбург, Россия.

E-mail: e.syrnikov105@gmail.com

MAGNETIC ENTROPY CHANGE OF SURFACE NANOSCALE SYSTEMS USED AS TRANSMITTING AND LOGIC DEVICES FUNCTIONING DUE TO THE SPIN DEGREES OF FREEDOM OF ATOMS

Syrnikov E. V.[1], Kashin I. V.[1]

[1)] Theoretical Physics and Applied Mathematics Department, Ural Federal University, Mira Street 19, 620002 Ekaterinburg, Russia.

We suggest a magnetic entropy change research of quantum transmitting devices and logic elements based on exchange interactions between transition metal atoms on a surface. These are zigzag ladder systems with islands of ferromagnetic materials used as inputs.

С момента изобретения электронно-вычислительных машин их мощность наращивалась путём увеличения количества транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, и увеличения тактовой частоты процессора. Сегодня процессоры могут насчитывать до 50 млрд транзисторов в схемах, а их размер достигает нескольких нанометров.

Одним из подходов к дальнейшему наращиванию вычислительных мощностей является использование спиновых степеней свободы отдельных атомов и частиц для реализации как логических устройств, так и модулей памяти, обладающих высокой емкостью и низким энергопотреблением. Принцип работы таких устройств основан на обменном взаимодействии локализованных магнитных моментов атомов.

Целью данной работы является исследование перспектив практического применения систем отдельных атомов переходного металла, адсорбированного на проводящую и изолирующую поверхность в качестве передающих и логических устройств.

Подобные устройства функционируют следующим образом: «входами» логического или передающего устройства являются ферромагнитные «островки». Они соединены атомами, образующими системы «спиновые лестницы» (zigzag ladder), в которых сигнал передаётся на «выходной атом».

В работе используется гибридная квантово-механическая модель, включающая в себя как квантовые, так и «классические» спины. Классические спины –

«входы» устройства, ферромагнитные «островки», представляются в виде трёхмерного вектора K = (0, 0, K) произвольной длины, параллельного оси z. Передачей сигнала считается изменение среднего значения оператора z-проекции спина «выходного» атома.

В работе рассматриваются системы, описываемые моделью Гейзенберга. Для их решения составляется матрица гамильтониана и находятся его собственные значения методом точной диагонализации.

В ходе работы было получено выражение для изменения магнитной энтропии систем, состоящих из нескольких атомов – интеграл по магнитному полю от корреляционной функции гамильтониана и оператора z-проекции спина с коэффициентом $1/(T^2)$.

Для расчёта изменения магнитной энтропии необходимо, зная собственные значения гамильтониана, рассчитать для каждого спина наблюдаемые значения энергии и оператора проекции спина на ось z. При этом становится возможным расчёт изменения магнитной энтропии каждого спина, а затем, суммируя, можно получить и изменение энтропии всей системы.

1. A.A. Khajetoorians, J. Wiebe, B. Chilian and R. Wiesendanger, Science 332, 1062-1064 (2011)
2. I. V. Kashin and A. I. Kokorina, AIP Conf. Proc. 2174, 020114 (2019)

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА РАДИОПОГЛОЩАЮЩЕГО МАТЕРИАЛА С РЕЗИСТИВНЫМ ПОКРЫТИЕМ $(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_x(SiO_2)_{100-X}$

Тарасова О. С.[1], Ситников А. В.[1], Клапанов А. В.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет

E-mail: oksanchik2603@mail.ru

HIGH-FREQUENCY MAGNETIC PROPERTIES OF A RADIO-ABSORBING MATERIAL WITH A RESISTIVE COATING $(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_x(SiO_2)_{100-X}$

Tarasova O. S.[1], Sitnikov A. V.[1], Klapanov A. V.[1]

[1)] Voronezh State Technical University

In the frequency range from 270 MHz to 10 GHz, the frequency dependences of the complex magnetic permeability of structures absorbing electromagnetic radiation based on frequency selective gratings were studied, where the composite $(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_X(SiO_2)_{100-X}$ was used as a resistive material.

Композитные материалы, содержащие ферромагнитные или суперпарамагнитные частицы в диэлектрической матрице, обладают сочетанием перспективных для применений магнитных, электрических, оптических и механических свойств.

В данной работе были получены новые структуры, поглощающие электромагнитное излучение, на основе резистивных частотно-избирательных решеток, где в качестве резистивного материала использовался композит $(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_X(SiO_2)_{100-X}$ полученный ионно-лучевым распылением [1].

Для определения оптимальных параметров, влияющих на функциональные свойства покрытий, поглощающих электромагнитное излучение, в данной работе было получено шесть систем образцов с различным содержанием диэлектрической и металлической фаз, напыления производились в два этапа. Параметры образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1

№	Состав	h, мкм	ρ, Ом*м	ρ, Ом/кв	Частота, ГГц
1	$(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_{72,4}(SiO_2)_{27,6}$	1,72	$1,9\cdot10^{-5}$	11,18 ≈ 2,75	
2	$(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_{66,1}(SiO_2)_{33,9}$	1,44	$7,93\cdot10^{-5}$	114,64 ≈ 1,5	
3	$(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_{66,1}(SiO_2)_{33,9}$	1,41	$3,34\cdot10^{-5}$	23,72 ≈ 1,24-1,9	
4	$(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_{58,5}(SiO_2)_{41,5}$	1,4	$6,1\cdot10^{-5}$	40,69 ≈ 1,26	
5	$(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_{53,1}(SiO_2)_{46,9}$	1,39	$2,1\cdot10^{-4}$	149,89 ≈ 0,88-1,54	
6	$(Co_{40}Fe_{40}B_{20})_{47,6}(SiO_2)_{52,4}$	1,4	$4,06\cdot10^{-3}$	2896,64 ≈ 0,7-2	

Частотные зависимости действительной и мнимой частей комплексной магнитной проницаемости были получены путем сравнения резонансных характе-

ристик полуволнового коаксиального резонатора без образца и с образцом, помещенным в пучность магнитного поля стоячей волны. Диапазон измеряемых частот составлял 0,3÷10 ГГц. Значения действительной и мнимой частей комплексной магнитной проницаемости, для образца №2, показало максимум мнимой части μ" комплексной магнитной проницаемости, соответствующий частоте естественного ферромагнитного резонанса и составляет 1,5 ГГц. Значения μ" существенно выше нулевых во всем диапазоне измерений (0,3-10 ГГц). В области частот порядка 0,3-3 ГГц μ' испытывает значительное уменьшение. Частота естественного ферромагнитного резонанса, для образцов №1, №3, №4, №5, №6, имеет достаточно широкий пик и лежит в диапазоне частот 0,7 - 2,75 ГГц, Действительная часть комплексной магнитной проницаемости μ' испытывает значительное изменение в максимуме значения μ". Характер изменения значения μ' аналогичен для всех образцов.

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. Для всех исследуемых образцов характерен широкий максимум мнимой части комплексной магнитной проницаемости.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-42-363011 р_мол_а

1. О.С., Ситников А.В., Калинин Ю.Е., Пастернак Ю.Г., Мишин А.Д., Розанов К.Н., Грановский А.Б., Чугуевский В.И., Материаловедение, Вып. №10, стр. 18-22, (2018).

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ТСЛ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЩЕЛОЧНО-ГАЛОИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ

Таврунов Д.А.[1], Мамонов А.А.[1], Райков Д.В.[1], Огородников И.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: Dmitry.Tavrunov@urfu.me

A LOW-TEMPERATURE THERMOLUMINESCENCE OF FUNCTIONAL MATERIALS BASED ON ALKALI HALIDE CRYSTALS

Tavrunov D.A.[1], Mamonov A.A.[1], Raikov D.V.[1], Ogorodnikov I.N.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Low-temperature thermoluminescence (TL), temperature dependences and spectra of luminescence upon band-to-band excitation were studied (T=6–380 K, E=1.2–6.2 eV), the effect of radiation-induced shallow electron states on the optical properties is discussed.

Щелочно-галоидные бинарные кристаллы (ЩГК) интенсивно исследуются с середины прошлого века как в плане фундаментальных задач физики конденсированного состояния, так и в прикладном плане. Благодаря усилиям большого числа научных коллективов, эти кристаллы в настоящее время являются классическим модельными объектами для исследования процессов излучательной релаксации электронных возбуждений, электронно-ионных процессов дефектообразования и безызлучательного распада электронных возбуждений в кристаллах с ионным типом химической связи [1]. Благодаря широчайшей полосе оптической прозрачности, простирающейся далеко в область вакуумного ультрафиолета (ВУФ) (например, до 13.6 эВ в LiF), а также сравнительно высокой радиационно-оптической устойчивости, эти кристаллы имеют множество практических применений в качестве оптических материалов для видимого УФ- и ВУФ-диапазонов спектра, рабочего вещества радиационных детекторов и др. Несмотря на то что в прикладном плане потенциальные возможности ЩГК далеко еще не исчерпаны, продолжаются интенсивные поисковые исследования, направленные на улучшение существующих и разработку новых функциональных материалов на их основе.

Настоящая работа посвящена изучению влияния направленного радиационного воздействия на улучшение оптических и люминесцентных свойств бинарных ЩГК: монокристаллов NaF и KBr (E_g = 11.7 и 7.40 эВ, соответственно), выращенные методом Киропулоса в инертной атмосфере, содержащие следовые концентрации легких примесных атомов, при внедрении которых в запрещенной зоне кристаллов создаются неглубокие электронные состояния [2, 3]. Низкотемпературная термостимулированная люминесценция (ТСЛ), температурные зависимости и спектры люминесценции при рентгеновском возбуждении (РЛ) иссле-

дованы в лаборатории физики твердого тела УрФУ с применением малоинерционного вакуумного криостата с замкнутым гелиевым циклом, обеспечивающим линейное изменение температуры от 6 до 380 K. В системе регистрации использованы светосильный решеточный монохроматор МДР-23, фотоэлектронный умножитель R6356 (Hamamatsu), работающий в режиме счета фотонов, что в итоге позволило регистрировать изменение интенсивности люминесценции в широком динамическом диапазоне до 6 десятичных порядков. Это позволило в дополнение к известным доминирующим пикам (например, обусловленным обретением подвижности автолокализованными дырками) выявить на кривой ТСЛ широкий набор малоинтенсивных низкотемпературных пиков, обусловленных неглубокими центрами захвата. Параметризация экспериментальных кривых низкотемпературной ТСЛ и обсуждение данных, полученных термоактивационными и спектроскопическими методами, в сочетании с известными литературными данными, позволили сделать обоснованные заключения о влиянии неглубоких электронных состояний на оптических и люминесцентные свойства диэлектриков данного класса при направленных радиационных воздействиях с целью улучшения люминесцентных характеристик функциональных материалов на базе щелочногалоидных кристаллов.

Работа выполнена при частичной поддержке международного проекта грантового финансирования Комитета науки МОН РК (ИРН AP08855672).

1. Ч.Б. Лущик, А.Ч. Лущик. Распад электронных возбуждений с образованием дефектов в твердых телах. М.: Наука, 1989. 264 с.
2. З.М. Казакбаева, И.Н. Огородников, М.М. Кидибаев и др., Журнал прикладной спектроскопии 56, вып.1, 48–53 (1992).
3. И.Н. Огородников, В.А. Пустоваров, Журнал экспериментальной и теоретической физики 151, вып.4, 695–708 (2017).

ИССЛЕДОВАНИЕ СХОДИМОСТИ ГРАДИЕНТНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ НЕОДНОРОДНОГО ДВУМЕРНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ГАЗА

Теребиж А. А.[1]

[1)] Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

E-mail: ATerebizh@live.com

INVESTIGATION OF THE CONVERGENCE OF THE GRADIENT EXPANSION OF KINETIC ENERGY FOR AN INHOMOGENEOUS TWO-DIMENSIONAL ELECTRON GAS

Terebizh A. A.[1]

[1)] Bauman Moscow State Technical University

The aim of this work is to study the gradient expansion of the kinetic energy functional and to compile a mathematical apparatus that allows one to describe many-electron two-dimensional systems. The method of density functionals is used in this work.

На данный момент особо актуальной является задача расчета энергетических спектров и характеристик квантово-механических многофермионных систем, в частности двумерного электронного газа. Одним из наиболее перспективных методов, выгодных с точки зрения расчетных алгоритмов, для нахождения энергетических характеристик системы является метод функционалов плотности. Однако решения, полученные для хорошо изученных систем: атомов и молекул – не могут быть применены для описания неоднородного двумерного электронного газа.

На практике чаще всего используется так называемое градиентное разложение [1]. В рамках этого подхода функционал кинетической энергии системы представляется как разложение по степеням градиентов электронной плотности. Общий вид слагаемых этого разложения известен, однако нет точного аналитического вывода для численных коэффициентов при градиентных поправках. Сравнение результатов расчётов, выполненных при помощи градиентного разложения, с экспериментальными данными показывает, что вопрос о сходимости градиентного разложения требует дополнительного изучения.

Недостатки классического метода градиентного разложения позволяет компенсировать метод обобщенного градиентного разложения [2], в рамках которого функционал кинетической энергии можно представить в виде двух слагаемых. Первое – поправка на неоднородность электронного облака в форме Вайцзеккера [3], а второе слагаемое включает в себя функцию плотности Томаса-Ферми, умноженную на коэффициент усиления – функционала, в общем случае зависящего от функции электронной плотности и пространственных координат. В данной работе коэффициент усиления был определен при помощи разложения Лиу-

Парра [4], т.е. разложения по возрастающим степеням локальных функционалов при помощи теории локального масштабирования.

Для получения искомого выражения были учтены химический потенциал, зависящий от внешнего поля, а также разложение энергии по коммутаторам рассматриваемых физических величин по аналогии с теорией возмущения. В итоге было получено обобщение теории Томаса-Ферми на двумерный случай. В этом случае степень при функции электронной плотности принимает значение, равное двум. Также получено выражение для размерной константы. Коэффициент при поправке на неоднородность электронного облака в случае двумерной системы обращается в нуль. Также был найден общий вид разложения коэффициента усиления в приближении Лиу-Парра для системы, имеющий две степени свободы.

Таким образом, было найдено обобщенное градиентное разложение для функционала кинетической энергии в двумерном случае с учетом полученных результатов касательно градиентных поправок. Найденный функционал представляет собой интеграл по пространственным координатам от произведения размерной константы, квадрата функции электронной плотности и коэффициента усиления, являющегося суммой возрастающих степеней интегралов от функции электронной плотности, взятой в степенях 2, 3/2 и 4/3 соответственно.

1. Лундквист С. и др. (ред.). Теория неоднородного электронного газа. – Мир (1987)
2. Ludeña, E. V., Salazar, E. X., Cornejo, M. H., Arroyo, D. E., & Karasiev, V. V., International Journal of Quantum Chemistry 11, 14 (2018)
3. C. F. von Weizsäcker, Z. Physik 96, 431 (1935)
4. Liu S., Parr R.G. Phys. Rev. A 55, 1792 (1997)

ГРАНИЧНЫЙ ИНТЕГРАЛ ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПРИ НАЛИЧИИ КОВЕКЦИИ

Титова Е.А.[1]

[1)] Лаборатория математического моделирования физических и химических процессов в многофазных средах, УрФУ, Екатеринбург, Россия

E-mail: ekatitova@mail.ru

THE BOUNDARY INTEGRAL METHOD FOR CRESTALLIZATION WIT A FORCED FLOW

Titova E.A.[1]

[1)] Department of Theoretical and Mathematical Physics, Laboratory of Mathematical Modeling of Physical and Chemical Processes in Multiphase Media, Ural Federal University, Ekaterinburg, 620000, Russian Federation

The shift of the moving boundary of the phase transition interface in a binary solution with forced flow is investigated by the boundary integral method. An integro-differential equation is found in 2D and 3D, which describes the dynamics of a curvilinear front in a flowing solution.

Подход граничного интеграла, основанный на использовании функции Грина (функции точечного источника), позволяет перейти от линейного уравнения теплопроводности, с заданными граничными условиями, к одному общему интегро-дифференциальному уравнению, определяющему форму межфазной поверхности, в зависимости от общего переохлаждения системы [1, 2]. Для нелинейного уравнения, учитывающего конвекцию, в работе [3] предложено взять функцию Грина, соответствующую линейной задаче. В этом случае, граничный интеграл разделяется на два отдельных вклада, один из которых соответствует движению фронта в неподвижном расплаве.

Конвективный вклад в граничный интеграл содержит градиент температуры, таким образом, учет конвекции приводит к тому, что форма поверхности раздела фаз зависит от переохлаждения и неизвестного температурного градиента.

Если поверхность раздела фаз - изотерма, то можно ввести новую ортогональную систему координат, таким образом, что положение любых изотермических поверхностей будет определяться одной координатой w как в 2D так и в 3D. Тогда температура станет функцией только одной переменной w, и градиент температуры в новой системе координат w, s, φ преобразуется в производную по переменной w. Интегрирование полученного в случае T=T(w) ОДУ теплопроводности позволяет найти производную от температуры, которую теперь можно подставить в конвективную часть граничного интеграла.

Найденное таким образом решение позволяет определить реакцию формы поверхности фазового перехода на конвективный поток, набегающий на изотермическую поверхность.

1. J.S. Langer, Acta Metall., 25, 1121–1137, (1977).
2. D.V. Alexandrov and P.K. Galenko, Acta Mater., 137, 64–70, (2017).
3. D. A. Saville and P. J. Beaghton, Phys. Rev. A, 37, 3423-3430, (1988)

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МАГНИТНОГО ПОРЯДКА В ВЫСОКОИНТЕРКАЛИРОВАННЫХ СОЕДИНЕНИЯХ Cr_XNbCH_2 (CH = Se, Te)

Топорова Н. М.[1], Дорошенко Н. С.[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: toporova.natalia@urfu.ru

FEATURES OF THE FORMATION OF THE MAGNETIC ORDER IN HIGHLY INTERCALATED COMPOUNDS Cr_XNbCH_2 (CH = Se, Te)

Toporova N. M.[1], Doroshenko N. S.[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

The paper presents the results of a study of structural changes and physical properties for layered compounds NbCh2 (Ch = Se, Te) intercalated with chromium at a concentration of 33% and more. The effective magnetic moment (μ_{eff}) for the chromium atom in the compounds obtained is calculated.

В слоистых дихалькогенидах переходных металлов IV и V групп M_xTCh_2 (Ch = S, Se, Te; T = Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta), интеркалированных атомами 3d элементов (M), при высокой концентрации M атомов ($x > 0.25$) может устанавливаться дальний магнитный порядок. При этом в некоторых соединениях M_xTCh_2 реализуются достаточно сложные магнитные структуры. В частности, установлено, что интеркалированный хромом диселенид титана $Cr_{0.5}TiSe_2$ обладает несоизмеримой антиферромагнитной структурой, а дителлурид титана $Cr_{0.5}TiTe_2$ с таким же содержанием хрома проявляет ферромагнитное упорядочение [1]. В соединении $Cr_{0.33}NbS_2$ наблюдали индуцированный полем фазовый переход от киральной гелимагнитной структуры в коллинеарное ферромагнитное состояние, происходящий через образования киральной солитонной решетки с управляемыми параметрами, что может представлять интерес для применения в устройствах спинтроники [2].

В ходе данной работы был проведён синтез и рентгенографическая аттестация соединений Cr_xNbSe_2 ($0.33 \leq x \leq 0.5$) и Cr_xNbTe_2 ($0.33 \leq x \leq 0.75$). Синтез

исследуемых образцов осуществлялся методом твердофазных реакций по двухступенчатой технологии при температурах 800°C и 1000°C с последующими гомогенизирующими отжигами. Общее время синтеза составляло не менее 120 часов. После рентгенографической аттестации и уточнения кристаллографических параметров были проведены измерения электросопротивления стандартным четырёхзондовым методом на поликристаллических образцах в интервале температур 6 - 300 К и магнитные изменения с помощью СКВИД магнитометра MPMS (Quantum Design) в интервале температур от 2 до 350 К.

Соединения с селеном и теллуром имеют различие в кристаллической структуре. Например, образец $Cr_{0.33}NbSe_2$ кристаллизуется в гексагональной сингонии с пространственной группой P6322, а соединение $Cr_{0.33}NbTe_2$ имеет моноклинную структуру с пространственной группой P2/m.

Так же установлено, что $Cr_{0.33}NbSe_2$ и $Cr_{0.5}NbSe_2$ обладают металлическим типом проводимости, а для соединений $Cr_{0.33}NbTe_2$ и $Cr_{0.75}NbTe_2$ температурная зависимость электросопротивления имеет неметаллический характер. Анализ температурных зависимостей магнитной восприимчивости и полевых зависимостей намагниченности показал, что при интеркалации хрома с концентрацией $x \geq 33$ ат.% в диселенид ниобия формируется дальний ферромагнитный порядок. Для Cr_xNbTe_2 ($x \geq 0.33$) в области низких температур проявляется поведение характерное для кластерных стекол.

Расчет эффективного магнитного момента (μ_{eff}) из данных по восприимчивости в парамагнитной области показал, что в селенидных соединениях величина μ_{eff} составляет ~ 3.7 μB, что близко к значению для свободного иона Cr^{3+}, а в случае теллуридных соединений получено заниженное значение μ_{eff} = 3.1 μB, что возможно из-за большего участия 3d хрома в образовании ковалентноподобных связей Cr-Te и гибридизации 3d Cr и 4p Te электронных состояний вследствие большей поляризуемости иона теллура по сравнению с селеном.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект FEUZ-2020-0054).

1. N. V. Baranov, V. G. Pleshchev, N. V. Selezneva et al. J. Phys.: Condens. Matter 17, P. 506002 (2009).
2. Y. Togawa, T. Koyama, K. Takayanagi et al. Phys. Rev. Lett. 108, P. 107202 (2012).

THE SHAPE OF DENDRITIC TIPS

Toropova L.V.[1]

[1)] Department of Theoretical and Mathematical Physics, Laboratory of Mathematical Modeling of Physical and Chemical Processes in Multiphase Media, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation

E-mail: l.v.toropova@urfu.ru

This thesis is devoted to the study of the tip shape of dendritic crystals grown from a supercooled liquid. It is shown that the recently found shape function describes the tip region of dendritic crystals (at the crystal vertex and some distance from it) well.

Let us write out below the analytical expressions describing the tip shape of dendritic crystals according to the theory developed by Alexandrov and Galenko [1]. First, we pay attention to the case of three-dimensional dendritic growth in undercooled liquids. We assume that the vertex of dendrite is at the coordinate origin, its branches are directed downward in the negative direction of the ordinate axis z. The abscissa axis x passes through the origin in a direction perpendicular to the axis z. In this case, the tip shape reads as [1] $z_{(AG)}(x)=-(b_S(x)*x^2+b_L(x)*x^{3/2})/(b_S(x)*x^{1/2}+b_L(x)*x^{-1/2})$.

The stiching functions $b_S(x)$ and $b_L(x)$ satisfying the limiting conditions can be chosen in different manners. So, for example, following the review article [1], these functions can be written in the form of $b_S(x)=\exp(-1/x^{2k})$, $b_L(x)=\exp(-x^{2k})$.

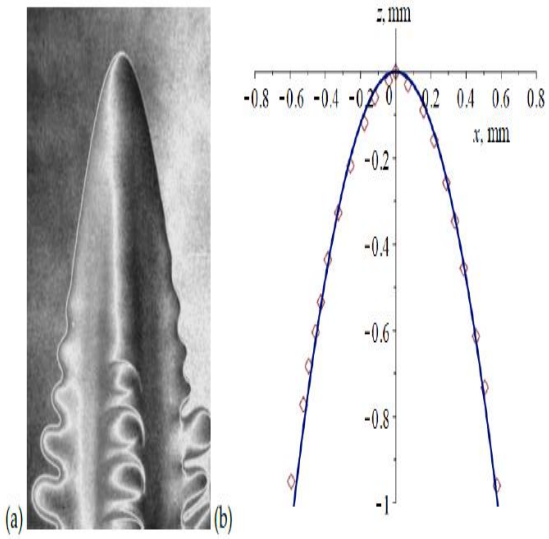


Fig. 1. Experimental data [2] are compared with theoretical predictions [1] for three-dimensional dendrites. Panels (a) and (b) respectively show the general view of dendrite and our comparison.

Next, we compare in Figure 1 the experimental shape of dendrites grown in a high-purity succinonitrile specimen reported by Huang and Glicksman [2] with the three-dimensional theory under consideration. Here we use the shape function, where

$z_{(}AG)(x)$ is substituted from the corresponding law for 3D crystals. It is easy to see that the analytical curve satisfies experimental observations well.

In summary, the present paper tests the recently developed theory [1] of the shape of dendritic tips in the region close to the crystal vertex (at a distance of the order of several tip diameters). In addition, we compare the theory with experimental data [see Figure 1] on tip shape of succinonitrile dendritic crystal. As can be clearly seen from our comparison, the theory is in excellent agreement with experiments.

L.V.T gratefully acknowledges research funding from the DAAD (Personal ref. no.: 91687480) and the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project passport No. 2338-21) within the "Michael Lomonosov" programme scheme.

1. Alexandrov DV, Galenko PK. 2020 The shape of dendritic tips. Phil. Trans. R. Soc. A 378, 20190243.
2. Huang S-C, Glicksman ME. 1981 Overview 12: Fundamentals of dendritic solidification – II development of sidebranch structure. Acta Metall. 29, 717–734.

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ИЗИНГА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Цуварев Е. С.[1, 2], Кассан-Оглы Ф. А.[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: eguny@mail.ru

GENERALIZED ISING MODEL IN A MAGNETIC FIELD

Tsuvarev E. S.[1, 2], Kassan-Ogly F. A.[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, Yekaterinburg, Russia

The Ising model is generalized to an arbitrary number translations of a linear chain in an external magnetic field taking into account various interactions between spins. The values of frustrating entropies and magnetizations can be expressed through the limit ratio of certain number sequences.

Проведено обобщение [1] модели Изинга на произвольное число трансляций линейной цепочки в присутствии магнитного поля. Методом трансфер-матрицы Крамерса–Ваннье [2] выведено точное аналитическое решение обобщенной модели Изинга [3] при учете различных взаимодействий между ближайшими и вторыми соседями, находящихся в магнитном поле. Найдены фрустрирующие поля не только при наличие ближайших, но и вторых соседей. Установлены точные

выражения для нуль-температурных энтропий и намагниченностей при различных величинах и знаках обменных взаимодействий и магнитного поля.

Значения нуль-температурных энтропий и намагниченностей выражены исключительно через известные в удивительном мире Математики числа (золотое сечение φ, серебряное сечение δ, сверхзолотое сечение ψ, пластическое число ρ) и новые (безымянные) математические сечения.

Получен совершенно новый результат, при котором значения фрустрирующих энтропий и намагниченностей могут быть выражены через предел отношения определенных числовых последовательностей. И, что немаловажно, для этого не требуется знание трансфер-матрицы Крамерса Ваннье! Достаточно лишь сосчитать число допустимых конфигураций в основном состоянии для конкретного числа узлов цепочки в термодинамическом пределе.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема «Квант», No АААА-А18-118020190095-4) и «Сплавы», No АААА-А19-119070890020-3 и при частичной поддержке Уральского отделения Российской академии наук (проект No 18-2-2-11).

1. I. Syozi, S. Naya, Prog. Theor. Phys., Vol. 23, 374-376 (1960).
2. Kramers H.A. and Wannier G.H., Phys. Rev. 60, 252-262 (1941).
3. Е.С. Цуварев, Ф.А. Кассан-Оглы, А.И. Прошкин, ЖЭТФ, вып. 3 (9), стр. 504–514 (2020).

ПРОСТЫЕ ВЫРАЖЕНИЯ ДЛЯ КВАНТОВОЙ ЗАПУТАННОСТИ СВЯЗАННЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ

Цыкарева Ю. В.[1], Макаров Д. Н.[1]

[1)] Северный Арктический федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

E-mail: aisonoka@gmail.com

SIMPLE EXPRESSIONS FOR THE QUANTUM ENTANGLEMENT OF COUPLED HARMONIC OSCILLATORS

Tsykareva Y. V.[1], Makarov D. N.[1]

[1)] Northern Arctic Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

Simple expressions for the quantum entanglement of coupled harmonic oscillators, expressed in terms of the reflection coefficient R, were found. It is shown that the derivation of the expression can have applications in quantum optics, in particular in quantum metrology.

Изучение свойств связанных гармонических осцилляторов является актуальным направлением современной физики. Такой интерес, в первую очередь, обусловлен тем, что модели таких систем встречаются во многих приложениях квантовой и нелинейной физики, молекулярной химии и биофизике [1-3]. В квантовой физике, в основном, этот интерес обусловлен квантовой запутанностью для такой системы. В частности, квантовые коммуникационные протоколы, такие как квантовая криптография, квантово-плотное кодирование, квантовые вычислительные алгоритмы и телепортация квантового состояния, можно объяснить, используя запутанные состояния. С другой стороны, физические модели связанных гармонических осцилляторов используется в биофизике для объяснения проблемы фотосинтеза [4], которая до сих пор считается не решённой загадкой.

Решая нестационарное уравнение Шредингера с гамильтонианом вида [5], в работе [5] было показано, что квантовую запутанность пары связанных гармонических осцилляторов можно охарактеризовать одним параметром, который учитывает в себе все остальные факторы - коэффициентом отражения R. Сам коэффициент отражения определяется параметрами, которые задают исходные осцилляторы. В этой работе найдены простые выражения для квантовой запутанности таких осцилляторов выраженную через коэффициент отражения R. Показано, что получение выражения могут иметь приложения в квантовой оптике, в частности в квантовой метрологии.

Работа поддержана Российским научным фондом, № 20-72-10151

1. Fetter, A.L. and Walecka, J.D. Quantum Theory of Many Particle Systems (McGraw-Hill,New York, 1971)
2. Makarov, D. N. Coupled harmonic oscillators and their quantum entanglement. Phys. Rev. E, 97, 042203 (2018)

3. Makarov, D. N. Quantum entanglement of a harmonic oscillator with an electromagneticfeld. Scientific Reports, 8, 8204 (2018)
4. Romero, E. et al. Quantum coherence in photosynthesis for efficient solar-energy conversion Nature Physics, 10, 676-682 (2014)
5. Makarov, D. N. Quantum entanglement and reflection coefficient for coupled harmonic oscillators. Phys. Rev. E, 102, 052213 (2020)

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ РАСТВОРИТЕЛЕЙ НА МОРФОЛОГИЮ, ОПТИЧЕСКИХ И ПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ ПЛЁНОК PCBM

Тютюник А. С.[1], Крохина О. А.[2], Подольский Н. Е.[2]

[1)] Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь, Россия
[2)] Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: real-warez@mail.ru

INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES OF SOLVENTS ON MORPHOLOGY, OPTICAL AND CONDUCTIVE PROPERTIES OF PCBM FILMS

Tyutyunik A. S.[1], Krokhina O. A.[2], Podolskiy N. E.[2]

[1)] Crimean Federal University, Simferopol, Russia
[2)] St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

The article discusses the effect of various types of solvents on the spectral characteristics and conductive properties of PCBM films deposited from solutions. The effect of the nature of the solvent on the morphology of the film surface, its optical and electrical characteristics is clearly shown.

За последнее десятилетие возрос интерес исследователей к органической фотовольтаике [1-3]. Благодаря отличным электронно-акцепторным свойствам, фуллерен зарекомендовал себя как перспективный компонент в органической электронике [4]. Наряду с фуллереном C60 большую популярность получили и его производные, например, [6,6] -метиловый эфир фенил-C61-масляной кислоты (PCBM). В настоящее время PCBM широко используется в фармацевтике и органических фотоэлектрических системах [5-6]. Тем не менее, несмотря на обширный перечень работ, посвященных созданию устройств с использованием PCBM, вопрос касательно выбора оптимального растворителя для получения тонкоплёночных структур с максимальным фототоком, остаётся актуальным. В связи с этим, целью данной работы является исследование влияния различных типов растворителей на электрофизические и электродинамические свойства углеродных тонкопленочных структур, осажденных методом полива из раствора на

диэлектрические подложки. Синтез PCBM осуществлялся по модифицированному методу, предложенному F. Wudl [7]. В основе этого метода лежит процесс 1,3-диполярного присоединения метилового эфира δ-фенилмасляной кислоты к фуллереновому ядру. Основным преимуществом итогового продукта является увеличение PCE (power conversion efficiency) до 5.3%. Формирование плёнок из исходного порошкового материала PCBM осуществлялся методом полива из раствора на подложки. В качестве растворителей применялись неароматические: дихлорметан (CH_2Cl_2), хлороформ ($CHCl_3$) и тетрахлорметан (CCl_4) и ароматические: толуол ($C_6H_5CH_3$), бензол (C_6H_6).

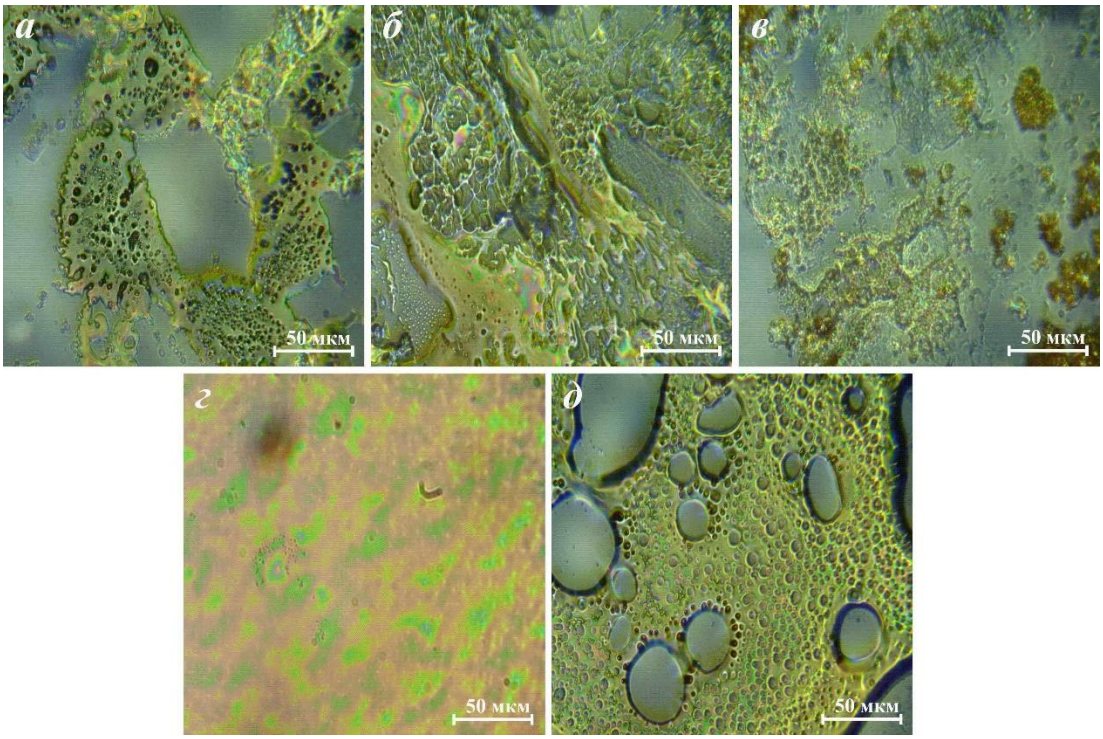


Рис. 1. Морфология поверхности пленок PCBM в зависимости от типа растворителя: а – дихлорметан; б – хлороформ; в – тетрахлорметан; г – толуол; д – бензол.

В результате анализа поверхности обнаружено, что применение различных типов растворителей существенно влияет на итоговую морфологию поверхности плёнок PCBM. Так, например, плёнки, осаждённые при помощи дихлорметана (CH_2Cl_2) характеризуются «островковообразной» структурой (рис. 1а). При этом, её толщина варьируется в диапазоне от 8 до 25 мкм. Более однородная поверхность наблюдается у плёнок, осаждённых при помощи хлороформа ($CHCl_3$). Стоит отметить образование «ячеек» диаметром 10-15 мкм на поверхности плёнки. Толщина самой плёнки составляет 4-5 мкм (рис. 1б). Плёнки PCBM, синтезированные при помощи тетрахлорметана (CCl_4), также показали наличие «островковообразной» поверхности плёнки, толщиной 5-10 мкм (рис. 1в). Наибольшую однородность плёнки PCBM удалось достигнуть при использовании толуола ($C_6H_5CH_3$) в качестве растворителя (рис. 1г). Толщина таких плёнок

составляла порядка 500-600 нм. Использование бензола (C6H6) позволило получить относительно однородную плёнку, толщиной 5-6 мкм (рис. 1д).

Таким образом, наглядно показано влияние природы растворителя на итоговую однородность и морфологию углеродной плёнки.

Авторы выражают благодарность компании "МСТ-нано" за предоставление исходного материала PCBM.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-32-90038.

1. Y. Kim , K. Lee , N. E. Coates , D. Moses , T. Q. Nguyen , M. Dante , A. J. Heeger , Science, 317, 222 (2007). 2. L. H. Nguyen , H. Hoppe , T. Erb , S. Günes , G. Gobsch , N. S. Sariciftci , Adv. Funct. Mater., 17 , 1071 (2007).
2. M. A. Ruderer , S. M. Prams , M. Rawolle , Q. Zhong , J. Perlich , S. V. Roth , P. Müller-Buschbaum , J. Phys. Chem. B, 114 , 15451 (2010). 4. Brabec, C. J.; Sariciftci, N. S.; Hummelen, J. C. Adv. Funct. Mater., 11, 15 (2001).
3. Mchedlov-Petrossyan, N. O. Fullerenes in Molecular Liquids. Solutions in "Good" Solvents: Another View. J. Mol. Liq., 161, 1−12 (2011).
4. Mchedlov-Petrossyan, N. O. Fullerenes in Liquid Media: An Unsettling Intrusion into the Solution Chemistry. Chem. Rev., 113, 5149−5193 (2013).
5. Ito, T., Ohno, T., Iwai, T., Matsumoto, F., Hida, K., Moriwaki, K., … Mizuno, T.. Facile Synthesis of [6,6]-Phenyl-C61/71-Butyric Acid Methyl Esters via Sulfur Ylides for Bulk-Heterojunction Solar Cell. Synlett, 24(15), 1988–1992 (2013).

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ВЫГОДНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ СИММЕТРИЧНЫХ ГРАНИЦ ЗЕРЕН НАКЛОНА В ГПУ-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

ENERGETICALLY FAVORABLE CONFIGURATIONS OF SYMMETRIC TILT GRAIN BOUNDARIES IN TITANIUM(HCP)

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 and molecular dynamic simulations symmetric tilt grain boundaries in hcp titanium were used to evaluated energetically favorable configurations. Grain boundary width is investigated by visualization atomistic simulation data.

Свойства поликристаллического титана напрямую зависят от структуры границ зерен (ГЗ). Данное исследование посвящено исследованию структуры и энергии ширины большеугловых специальных границ зерен наклона в альфа-титане имеющим гексагональную плотную упаковку (ГПУ). Для получения структуры границ зерен в ГПУ металлах определяющим является энергетический подход, так как большинство специальных границ в ГПУ-металлах может не иметь так называемые узлы строгого совпадения, если рассматривать только геометрию структуры ГЗ.

Значения энергий и структуры ГЗ были получены методами молекулярной статики [1] и молекулярной динамики (МД). Структуры ГЗ получены из теории решетки узлов совпадения [2]. Для моделирования ГЗ был использован пакет Lammps. В расчетной ячейке создавалось два блока частиц, развернутых под специальным углом соответствующим ГЗ.

Стабильные структуры большеугловых границ зерен в титане получены на основе межатомного потенциала погруженного атома [3]. Выбор потенциала сильно влияет полученные стабильные структуры ГЗ при МД-расчете. Анализ влияния точечных дефектов на структуру границ зерен ГПУ титана был выполнен на основе расчета энергии образования точечных дефектов в некоторых из полученных структур ГЗ.

Рассчитаны энергии образования точечных дефектов (вакансий и внедрений) в границах зерен и проанализированы зависимости энергий образования дефектов от расстояния от плоскости границы зерна.

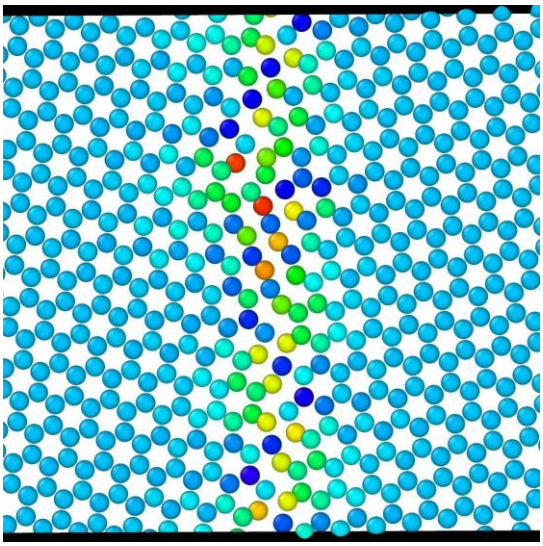


Рис. 1. Границы зерен оси наклона ГПУ титана оси наклона [0001]: цветовое обозначение для значения энергии. Получено методом молекулярной статики.

1. Tschopp, M. A., & McDowell, D.L. (2007). Structures and energies of Sigma3 asymmetric tilt grain boundaries in Cu and Al. Philosophical Magazine, 87, 3147-3173
2. Farkas, D. Grain-boundary structures in hexagonal materials: Coincident and near coincident grain boundaries. Metall Mater Trans A 25, 1337–1346 (1994)
3. M. I. Mendelev, T. L. Underwood, and G. J. Ackland, J. Chem. Phys. 145, 154102 (2016).

ПРОЦЕССЫ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ В СПЕЧЕННЫХ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ СИСТЕМ Sm-Co И Nd-Fe-B

Уржумцев А. Н.[1], Мальцева В. Е.[1], Шарин М. К.[2], Таранов Д. В.[2], Волегов А. С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ООО «ПОЗ – Прогресс», г. Верхняя Пышма, Россия
E-mail: andrei.urzhumtsev@urfu.ru

REMAGNETIZATION PROCESSES IN SINTERED Sm-Co И Nd-Fe-B PERMANENT MAGNETS

Urzhumtsev A. N.[1], Maltseva V. E.[1], Sharin M. K.[2], Taranov D. V.[2], Volegov A. S.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] LLC «POZ – Progress», Verkhnyaya Pyshma, Russia

The processes of remagnetization in permanent magnets of the Sm_2Co_{17} and $Nd_2Fe_{14}B$ systems were studied. The mechanism for the formation of coercivity is established via superposition coherent rotation or pinning in accordance of the Kondorski and Stoner-Wohlfarth models.

Исследование процессов перемагничивания в постоянных магнитах (ПМ) на основе интерметаллидов Sm_2Co_{17} и $Nd_2Fe_{14}B$ важно, как с фундаментальной, так и с практической точек зрения. Развитие тенденций к миниатюризации устройств предъявляет требования к созданию ПМ сложных форм аддитивным методом. В этой связи, понимание фундаментальных процессов формирования высококоэрцитивного состояния необходимо для создания технологии производства ПМ в условиях селективного лазерного спекания (SLM) [1].

Принято считать, что механизмами перемагничивания в спеченных ПМ являются пиннинг (Sm_2Co_{17}) и задержка образования зародыша перемагничивания [2]. Механизм пиннинга описан в модели, предложенной Кондорским (Конд.), и предполагает перемагничивание в результате движения доменных стенок, «сорвавшихся» с мест пиннинга. Модель задержки формирования зародыша перемагничивания оказывается функционально связана с моделью Стонера-Вольфарта (С.-В.), поскольку считается, что зарождение зародыша происходит через когерентное вращение вектора намагниченности вблизи дефекта, а последующий его рост происходит за счет смещения доменных границ. О природе процессов перемагничивания в высокоанизотропных ферромагнетиках можно судить из угловых зависимостей коэрцитивной силы $Hc(\theta)$ на основе представлений Конд. и С.-В. [2, 3, 4].

Синтезирована серия спечённых ПМ систем $Sm(Co, Fe, Cu, Zr)_{7,5\text{-}8,5}$ и $Nd_2Fe_{14}B$. Зависимости Hc(θ) измерены на вибромагнитометре КВАНС-1 и математически описаны в программах Mathcad и Origin в рамках моделей Конд. и С.-В.

Зависимости Hc(θ), полученные на эксперименте, не удалось описать в рамках единой модели перемагничивания. Более точный результат даёт суперпозиция данных моделей с введением весовых коэффициентов, зависящих от θ. В большинстве исследуемых ПМ $Sm(Co, Fe, Cu, Zr)_{7,5\text{-}8,5}$ в малоугловом диапазоне 0 – 30° зависимость Hc(θ) описывается по Кондорскому, в углах 30 – 70° суперпозицией выражений Конд. и С.-В., в углах 70 – 90° преимущественно по С.-В.

Анализ результатов показал, что не корректно классифицировать процессы перемагничивания для материала Sm-Co или Nd-Fe-B в целом. Это подтверждается тем, что при отклонении от стандартных режимов термообработок, ПМ из серии $Sm(Co, Fe, Cu, Zr)_{7,5\text{-}8,5}$ способны проявлять характер перемагничивания, не описываемый в рамках принятого для него механизма пиннинга по модели Конд. [5], и в действительности, их зависимости Hc(θ) принимают вид более свойственный для $Nd_2Fe_{14}B$, что косвенно свидетельствует, что процессы перемагничивания протекают преимущественно за счёт вращения векторов намагниченности.

Отмечено, что концепция моделей Конд. и С.-В., согласно литературным данным, хорошо выполняются в пределах отдельно взятых зерен ПМ [5, 6]. Механизм перемагничивания для реальных ПМ, не всегда соответствует модельно предсказанному для данного класса материала, и может варьироваться. Это связано с появлением локальных областей с пониженной магнитокристаллической анизотропией [5] и влиянием межзёренного обменного взаимодействия.

Проект выполнен при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 20-32-90211\20.

1. A. S. Volegov, S. V. Andreev, N. V. Selezneva, I. A. Ryzhikhin, N. V. Kudrevatykh, L. Mädler, I. V. Okulov. Acta Materialia. 188, 733-739 (2020).
2. F. Schumacher. J. of Appl. Phys. 70, 3184 (1991)
3. E. Kondorsky, J. Phys. (Moscow) II, 161 (1940).
4. E. C. Stoner and E. P. Wohlfarth, Phil. Trans. R. Soc. A 240, 599
5. N. P. Suponev, R. M. Grechishkin, M. B. Lyakhova and Yu. E. Pushkar. Journal of Magnetism and Magnetic Materials 157/158, 376-377 (1996).

КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ОБЛУЧЕННЫХ ИОНАМИ Xe С ЭНЕРГИЕЙ 0.23 ГэВ КРИСТАЛЛОВ MgO

Утемуратова Ж. К.[1]

[1)] Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева 010000 Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2

E-mail: zhanagul9797@gmail.com

CATHODOLUMINESCENCE OF MgO CRYSTALS IRRADIATED 0.23 GeV Xe IONS

Utemuratova Z. K.[1]

[1)] L.N. Gumilyov Eurasian National University 2 Satbaeva 010000, Nur-Sultan, Kazakhstan

The paper presents the cathodoluminescence (CL) spectra of unirradiated MgO measured upon excitation by electrons with an energy of 10 keV at a temperature of 5 K.

The MgO crystal is radiation-resistant and promising material with a variety of technical applications, used as selective dosimeters for medical and industrial purposes, in radiation detectors. To date, many experimental and theoretical studies of MgO crystals have been carried out. The wide valence band, high dielectric constant, and low binding energy of excitons make it possible to consider MgO as a dielectric [1].

The paper presents the cathodoluminescence (CL) spectra of unirradiated MgO measured upon excitation by electrons with an energy of 10 keV at a temperature of 5 K. The spectrum shows a narrow intense luminescence band of about 7.6 eV, a broad intense luminescence band with a maximum at 5.3 eV and a weak complex band about 2.3-3.3 eV. At room temperature, the intensity of the luminescence band with a maximum at 5.3 eV is lower than at 5 K, while the opposite effect is observed for the band near 2.3–3.3 eV. The sharp decay of exciton-type luminescence with fluence is associated with the appearance of radiation-induced structural defects, where and effective nonradiative decay of mobile excitons occurs, and the suppression of CL at ~ 5.3 eV can be explained by the reabsorption of this radiation by the F- and F+ centers created by ion irradiation. On the other hand, the transformation of visible CL and a significant increase in luminescence with a maximum at ~ 3.1 eV are also associated with radiation-induced structural defects.

1. Piyush P.N., Kanchan L. Electronic structure of magnesium oxide // Int. J. Chem. Sci. – 2010. – Vol. 8, №3. – P. 1749-1756

ПЛАЗМОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В ТОНКИХ ПЛЁНКАХ $MgAl_2O_4$

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 EFFECTS IN THIN FILMS OF $MgAl_2O_4$

Vagapov A. S.[1], Kiryakov A. N.[1], Zatsepin A. F.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Thin films of ceramics $MgAl_2O_4$ on Al_2O_3 and SiO_2 substrates are doped with Cu^{2+} ions with a fluence of $1x10^{-17}$ cm^{-2}. The optical properties of the obtained samples are investigated. The films on the Al_2O_3 substrate have an SPR band from copper plasmonic nanoparticles in the thin surface layer.

Плазмонные наночастицы находят широкое применение в различных устройствах наноэлектроники и оптоэлектроники [1]. В медицине, например, плазмонные наночастицы используются для обнаружения раковых клеток, а также диагностики возбудителей заболеваний [2]. Плазмонные свойства таких частиц зависят от таких факторов как диэлектрическое окружение, и в особенности, размер и форма наночастиц [3]. Существует актуальная задача синтеза плазмонных наночастиц в твердом теле. Формирование наночастиц металлов в матрице диэлектрика можно провести методом ионной имплантации [4]. Однако это предъявляет определённые требования к матрице: она должен обладать высокой радиационной и химической стойкостью. Перспективными материалом являются прозрачные керамики алюмомагниевой шпинели (АМШ) $MgAl_2O_4$, которые обладают высокой химической и радиационной стойкостью. Тонкопленочные устройства обладают всеми преимуществами объёмных диэлектриков (радиационная устойчивость) и активно применяются при производстве оптических устройств. В связи с этим, целью настоящей работы является изучение плазмонных свойств наночастиц меди в диэлектрических тонкопленочных матрицах.

Тонкие плёнки АМШ были получены методом высокочастотного магнетронного распыления прессованного нанопорошка шпинели. В качестве подложек использовались монокристаллический Al_2O_3 и SiO_2. 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.

На рисунке 1 представлены спектры оптической плотности для имплантированных тонких плёнок на разных типах подложек.

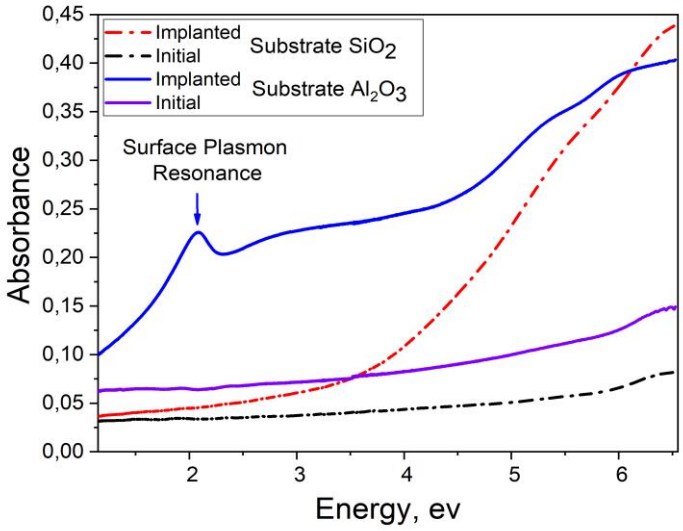


Рис. 1. Спектры оптической плотности имплантированных и исходных образцов тонких плёнок АМШ на подложке из Al_2O_3 (сплошная линия) и SiO_2 (пунктирная линия)

Для тонких плёнок на подложке из Al_2O_3 отчётливо видна полоса поглощения с энергией максимума при 2 eV, реализуемое по механизму ППР в медных наночастицах. Также происходит образование F и F^+ центров, ответственных за интенсивное поглощение в ультрафиолетовой части спектра (> 4,5 eV). Для тонких плёнок на подложке из SiO_2 не фиксируется полоса ППР, что свидетельствует о внедрении имплантированных ионов меди в матрицу без формирования металлических наночастиц. УФ диапазон в случае с SiO_2 характеризуется формированием E′ - центров.

Нанесение тонкопленочных покрытий на подложки из SiO_2 ведет к формированию буферного слоя между подложкой и пленкой шпинели, включающим в себя как катионы Al и Mg так и Si. В результате ионной имплантации такого композита происходит торможение роста металлических наночастиц, обусловленных вероятнее всего их окислением, либо растворением ионов меди в буферном слое. Этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Свердловской области в рамках научного проекта № 20-42-660012

1. Khan P., Brennan G., Lillis J., Tofail S. A., Liu N., Silien C., Symmetry, T. 12, №. 8, C. 1365, (2020)
2. Chung J. W., Kim S. D., Bernhardt R., Pyun J. C., Sensors and Actuators B: Chemical, T. 111, C. 416-422, (2005)
3. Li M., Cushing S. K., Wu N, Analyst, T. 140, №. 2, C. 386-406, (2015)
4. Zatsepin A. F., Kiryakov A. N., Zatsepin D. A., Gavrilov N. V., Oksengendler B. L., Vacuum, T. 175, C. 109243, (2020)

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК Sc_2O_3 НА СТРУКТУРНЫЕ И СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЗРАЧНЫХ TM:$(Y,Sc)_2O_3$ КЕРАМИК

Васин Д.А.[1, 2], Максимов Р.Н.[1, 2], Осипов В.В.[2], Шитов В.А.[2], Точи Г.[3], Пирри А.[4], Патрици Б.[3], Ваннини М.[3]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт электрофизки УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Национальный институт оптики (INO-CNR), Сесто-Фиорентино, Италия
[4)] Институт прикладной физики «Nello Carrara» (IFAC-CNR), Сесто-Фиорентино, Италия

E-mail: danyaia199949@gmail.com

INFLUENCE OF Sc_2O_3 ADDITIVES ON STRUCTURAL AND SPECTROSCOPIC CHARACTERISTICS OF TRANSPARENT TM:$(Y,Sc)_2O_3$ CERAMICS

Vasin D.A.[1, 2], Maksimov R.N.[1, 2], Osipov V.V.[2], Shitov V.A.[2], Toci G.[3], Pirri A.[4], Patrizi B.[3], Vannini M.[3]

[1)] Ural Federal University, Russia, Yekaterinburg
[2)] Institute of Electrophysics UrB RAS, Yekaterinburg, Russia
[3)] National Institute of Optics (INO-CNR), Sesto Fiorentino, Italy
[4)] Institute of Applied Physics "Nello Carrara" (IFAC-CNR), Sesto Fiorentino, Italy

Synthesis, microstructure features and spectroscopic characterization of mixed sesquioxide Tm:$(Y,Sc)_2O_3$ transparent ceramics are reported. The absorption and emission cross section spectra were studied and the impact of different Sc content on structural and spectroscopic properties was assessed.

В настоящей работе сообщается об исследовании структурных особенностей и оптических свойств прозрачных керамик на основе твёрдого раствора Tm:$(Y,Sc)_2O_3$. Образцы изготавливались в Институте электрофизики УрО РАН из нанопорошков, синтезированных методом лазерной абляции твёрдых мишеней [1], состоящих из смеси оксидов Tm_2O_3, Y_2O_3 и Sc_2O_3. Полученные наночастицы прокаливались на воздухе и компактировались в цилиндрические заготовки диаметром 14 мм и толщиной 3-4 мм методом одноосного прессования при давлении 200 МПа. Далее компакты спекались при температуре 1760 °C в течение 10–20 часов в вакуумной печи. После спекания керамики дополнительно подвергались атмосферному обжигу при 1400 °C в течение 2 часов.

Измеренные значения пропускания керамик в ближнем ИК-диапазоне составляли более 80% и практически совпадали с расчетными теоретическими значениями, что свидетельствует о высоком оптическом качестве образцов. Также были рассчитаны спектры поглощения керамик на переходе $^3H_6 \rightarrow {}^3H_4$ ионов Tm^{3+}. При замещении части катионов Y^{3+} катионами Sc^{3+} в матрице Y_2O_3 происходит

некоторое уширение и смещение полос поглощения в коротковолновую область. Например, пик полосы поглощения в окрестности 800 нм, используемой для диодной накачки при получении лазерной генерации на длине волны ~2 мкм, сдвигается с 797 нм на 795 нм.

Согласно результатам оптической микроскопии, керамики состояли из плотноупакованных кристаллитов полиэдрической формы, а их средний размер увеличивался от 6.8 до 29 мкм с ростом содержания Sc_2O_3 от 0 до 25.2 мол.%. С использованием оптического микроскопа и метода прямого подсчёта установлено распределение рассеивающих центров по глубине, а также их среднее содержание в зависимости от концентрации Sc_2O_3 в керамиках.

Спектроскопические свойства полученных керамик исследовались с привлечением экспериментальной базы Национального института оптики (INO-CNR) и Института прикладной физики «Nello Carrara» (IFAC-CNR). Спектры пропускания образцов в диапазоне длин волн 1100–3300 нм измерялись с помощью спектрофотометра Perkin Elmer Lambda 1050. Спектры люминесценции регистрировались с применением спектрометра, оснащённого многоканальным InGaAs детектором, при возбуждении волоконным лазером с длиной волны 795 нм. Выполнен расчёт сечений эмиссии с использованием формулы Фюхтбауэра-Ладенбурга. Согласно полученным данным, керамика на основе твёрдого раствора $Tm:(Y,Sc)_2O_3$ является перспективной для использования в качестве активной среды перестраиваемых и ультракоротких источников двухмикронного лазерного излучения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-53-7815 Итал_т и проекта CNR SAC.AD002.020.016.

1. V. V. Osipov, V. V. Platonov, V. V. Lisenkov, A. V. Podkin, E. E. Zakharova, Phys. Status Solidi C 10, Iss. 6, 926–932 (2013).

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ОТРАЖЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ С ВНЕДРЁННЫМ РЕЗОНАНСНЫМ СЛОЕМ

Веревкина К. Ю.[1], Верёвкин И. Ю.[1], Яцышен В. В.[1]

[1)] Волгоградский Государственный Университет

E-mail: verevkina_kseniya@mail.ru

ANALYSIS OF THE REFLECTION FEATURES OF A PERIODIC STRUCTURE WITH AN EMBEDDED RESONANT LAYER

Verevkina K. Y.[1], Verevkin I. Y.[1], Yatsishen V. V.[1]

[1)] Volgograd State University

The paper studies the features of the reflection of a periodic structure in which a dielectric layer with phonon resonance is embedded. The basic component of a computer program for calculating the reflection and transmission coefficient of layered structures for a number of crystals is developed.

Вопрос анализа поляритонов в периодических структурах является важным. Поскольку проявление особенностей оптических свойств поляритонов выражается особенно ярко на фоне спектра отражения самой периодической структуры. В начале описывается слоистая среда в которой рассчитываются спектры отражения и прохождения. Так же проводится анализ амплитудных коэффициентов отражения и прохождения, и эллипсометрические параметры. Далее внедряется диэлектрический слой, имеющий фононный резонанс и методом характеристических матриц проводится расчёт амплитуд, угловых спектров отражения и прохождения для фиксированных частот падающего излучения, находящегося вблизи фононного резонанса. В результате получается картина отличная от первоначального спектра отражения периодической среды. Для описания 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.

Используемая структура: фторид лития, кремний, оксид серебра, алмаз. Толщины слоёв: 100 нм, 160 нм, 80 нм, 120 нм. Длина падающей волны: 640 нм. Количество повторений структуры: 10 Дефект: резонанс второго слоя в пятом периоде. Входные данные программы: n[N] = {1,1.39,3.42,2.97,2.38 ,1}, l_0 = 640, h[N-1] = {0,100,160,80,120}, C = 10, o = 5, q = 2.

Таким образом, предложенная методика позволяет проводить детальный анализ свойств поляритонов с помощью периодической структуры.



Рис. 1. Поведения коэффициентов отражения и прохождения при различных углах падения волны α, при прохождении через слоистую периодическую структуру (LiF/Si/Ag_2O/C) с резонансным слоем.

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. Яцышен, В. В. Расчет энергетических коэффициентов отражения и пропускания для слоистых периодических сред / В. В. Яцышен, К. Ю. Веревкина, А. Н. Попов // НБИ технологии. – 2019.– Т. 13, № 3. – С. 37–45.
3. Verevkina, K.Y., Yatsyshen, V.V.Optical diagnostics of defects in layered periodic nanostructures(2020) AIP Conference Proceedings, 2313, статья № 060026, .DOI: 10.1063/5.0032725.
4. Yatsyshen, V.V., Potapova, I.I., Verevkina, K.Y.Ellipsometry of Nanocomposite Layered Materials(2021) Lecture Notes in Networks and Systems, 155, pp. 258-268.DOI: 10.1007/978-3-030-59126-7_29

СЕНСОРНЫЕ СВОЙСТВА БОРОУГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ТИПА BC

Волкова Д. В.[1], Назаренко А. К.[1], Галоян Д. М.[2]

[1)] Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
[2)] Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
E-mail: madam.volkova-vip-das@yandex.ru

SENSORY PROPERTIES OF BC-TYPE BOROCARBON NANOTUBES

Volkova D. V.[1], Nazarenko A. K.[1], Galoyan D. M.[2]

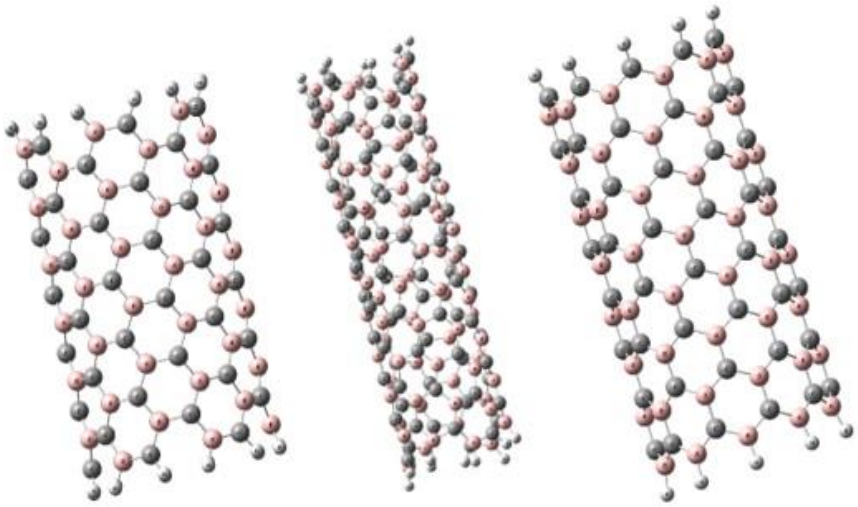
[1)] D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia
[2)] National University of Science and Technology "MISIS"

This paper presents the results of a study of the effect of structural modifications of borocarbon nanotubes on the surface adsorption of the functional group -COOH. Borocarbon single-layer nanotubes of types «armchair» (6,6), «chiral» (3,6) and «zig-zag» (0,10) have been considered.

В настоящее время особый интерес научного сообщества является исследования бороуглеродных нанотрубок типа BC_n, которые получаются сверткой изоструктурных аналогов графита. По сравнению с углеродными нанотрубками (УНТ), бороуглеродные (БУНТ) имеют меньшую энергию деформации, что делает их получение энергетически выгодным. Также одним из преимуществ БУНТ является интересные электронно-энергетические характеристики, которые зависят от взаимного расположения атомов бора и углерода в них [1].

Основная задача исследования является теоретическое моделирование наиболее вероятного расположения атомов B и C в бороуглеродных наноструктурах, а также исследование адсорбционных свойств бездефектных нанотрубок. Ожидается, что бороуглеродные нанотубулярные системы станут образующим материалом для новых сенсорных структур в различных областях защиты окружающей среды.

Для исследования сорбционных способностей функциональной группы -COOH было рассмотрено три вида однослойных открытых бороуглеродных нанотрубок типа BC – «armchair» (6,6), «chiral» (3,6) и «zig-zag» (0,10) (рис. 1). Моделирование процесса сорбции осуществлялось посредством пошагового приближения функциональной группы -COOH к различным вариантам ориентации. Расчеты выполнялись в рамках расчетной схемы MNDO [2]. В результате были построены профили поверхностей потенциальных энергий взаимодействия БУНТ и функциональной группы -COOH.



а) б) в)

Рис. 1 – БУНТ размера: а) (6, 6), б) (3, 6), в) (0, 10)

Установлено, что во всех рассмотренных вариантах взаимодействия реализуются как химическая, так и физическая адсорбция. Хемосорбция функциональной группы -COOH наиболее предпочтительная на поверхности кластеров размера (6, 6) и (3, 6), а физическая для кластеров размера (0, 10). Это объясняется тем, что кластеры имеют различные электронные свойства. К металлическому типу проводимости относятся БУНТ размера (6, 6) и (3, 6), а БУНТ размера (0, 10) к полупроводниковому типу.

1. Boroznin, S.V. BC3 nanotubes: electronic and structural properties / I.V. Zaporotskova, S.V. Boroznin, E.V. Perevalova // Fundamental and Applied NanoElectroMagnetics (FANEM'12). Conference proceedings. – 2012. – P. 43.
2. Лебедев Н.Г. Полуэмпирические методы расчета электронного строения и энергетических характеристик многоэлектронных систем / Н.Г. Лебедев – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2000. – 24 С.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ ЦИФРОВЫХ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛТНЫХ МИКРОСХЕМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИОНИЗИРУЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Волошин Е.В.[1], Сорокоумов Г.С.[2]

[1)] Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия
[2)] АО «ЭНПО СПЭЛС»
E-mail: evvol@spels.ru

A TEST METHODOLOGY FOR DIGITAL HIGH PERFORMANCE MICROCIRCUITS UNDER IONIZING RADIATION

Voloshin E.V.[1], Sorokoumov G.S.[2]

[1)] National Research Nuclear University MEPhI
[2)] JSC "ENPO SPELS"

Methodological features of microcircuits research under the influence of ionizing radiation using simulators are presented, radiation effects are considered, and also typical controlled parameters of microcircuits during exposure are given.

Моделирующие установки (МУ) – источники дестабилизирующих воздействий, имеющие единую физическую природу и близкие характеристики с воздействующими в реальных условиях радиационными факторами. Испытания микросхем с использованием МУ (ускорителей, реакторов, изотопных и других источников) основаны на обеспечении эквивалентного воспроизведения характеристик реальных радиационных факторов и эффектов их воздействия при испытательных воздействиях МУ.

К рассматриваемым радиационным эффектам относятся:

- дозовые радиационные эффекты
- структурные повреждения
- сбои и отказы интегральных схем от отдельных высокоэнергетичных ядерных частиц

Задачи радиационных исследований микросхем требуют реализации следующих процедур:

1) облучения – подачи испытательных воздействий на микросхему
2) дозиметрического сопровождения испытаний
3) измерения параметров-критериев работоспособности изделий при испытаниях
4) обработки результатов.

Оценка радиационной стойкости проводится по результатам исследований на источниках ионизирующего воздействия, в качестве которых используются моделирующие и имитирующие установки, а также расчетно-экспериментальными методами.

Основные контролируемые параметры микросхем во время воздействия ионизирующего излучения.

1) Логические уровни нуля и единицы.
2) Токи потребления.
3) Функциональный контроль
4) Возникновение тиристорного эффекта и катастрофических отказов
5) Одиночные радиационные эффекты

Ниже, на рисунке 1 приведен пример изменения тока потребления микросхемы приёмопередатчика от времени облучения.

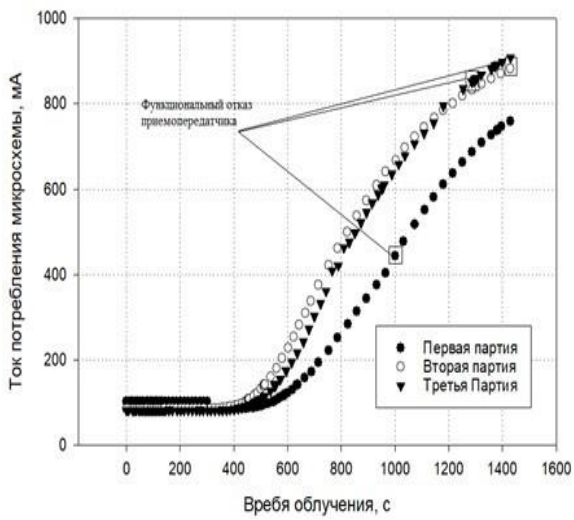


Рис. 1. График зависимости тока потребления микросхемы от времени облучения.

В докладе будут представлены результаты исследования Ethernet контроллера,в рамках которого выявлен блок микросхемы, определяющий уровень стойкости, проведена сравнительная характеристика для трёх различных партий микросхемы.

1. А.И. Чумаков, А.Ю. Никифоров, В.А. Телец, Д.В. Бойченко, В.С. Першенков, П.К. Скоробогатов, А.В. Яненко, О.А. Калашников, А.И. Потапенко, А.В. Согоян, Р.В. Ульяненков, А.В. Уланова, В.С. Анашин, Г.А. Протопопов, С.А. Соболев, В.Н. Улимов, А.С. Артамонов. Радиационная стойкость изделий ЭКБ: Научное издание / Под ред. д-ра техн. наук, проф А.И. Чумакова. М.: НИЯУ МИФИ, 2015– 512 с.
2. Резниченко, Н. Е. Функциональный контроль интегральных микросхем / Н. Е. Резниченко, А. А. Александров. — Текст : непосредственный, электронный // Молодой ученый. — 2016. — № 21 (125). — С. 201-204.
3. I. O.Loskutov, A.B. Karakozov and P.V. Nekrasov, “Automated test setup for functional and parametrical control of microcontrollers with internal ADC”, in Proc. 2016 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2016 National Research University "Higher School of Economics"Moscow; Russian Federation; May 12 -14, 2016, article number 7491799

ВЛИЯНИЕ СТАБИЛИЗАТОРА НА СВОЙСТВА КОЛЛОИДНЫХ НАНОЧАСТИЦ СУЛЬФИДА СЕРЕБРА

Воронцова Е.С.[1], Кузнецова Ю.В.[2], Ремпель С.В.[1, 2]

[1)] Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

[2)] Институт химии твердого тела УрО РАН

E-mail: e.s.vorontsova17@gmail.com

THE EFFECT OF STABILIZING AGENT ON THE PROPERTIES OF COLLOIDAL SILVER SULFIDE NANOPARTICLES

Vorontsova E.S.[1], Kuznetsova Y.V.[2], Rempel S.V.[1, 2]

[1)] Ural Federal University

[2)] Institute of Solid State Chemistry, of RAS (Ural Branch)

The present work is devoted to the synthesis of Ag_2S nanoparticles stabilized by EDTA and MPS and the effect of the concentration of stabilizing agent on the stability of the colloidal solution and on the size distribution of Ag_2S nanoparticles

Наночастицы сульфида серебра (Ag_2S) обладают уникальными свойствами, что позволяет использовать их в биологии и медицине [1, 2]. Некоторые структуры на основе Ag_2S обладают антибактериальной активностью [3], другие могут быть использованы в качестве фотокатализаторов. Такой широкий набор применений обусловлен возникновением новых свойств при синтезе материалов в наносостоянии.

В данной работе наночастицы Ag_2S в водном растворе были синтезированы методом химической конденсации. Для предотвращения агломерации и осаждения наночастиц использовались динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) или 3-меркаптопропил- триметоксисилан (МПС) в качестве стабилизатора [4, 5]. Для оценки влияния концентрации стабилизирующих агентов в экспериментальных опытах были использованы различные молярные соотношения стабилизаторов к Ag_2S.

Методом динамического рассеяния света (Zetasizer Nano ZS (Malvern Panalytical)) при 25 °C изучены размер (DH) и дзета-потенциал наночастиц Ag_2S в растворе. Методом сканирующей электронной микроскопии установлены средний размер и морфология наночастиц. При исследовании коллоидных растворов установлено, что МПС, по сравнению с ЭДТА, лучше защищает наночастицы Ag_2S от частичного восстановления до металлического серебра при внешних воздействиях.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда [проект № 19-73020012].

1. Y.Shen and J.T. Lifante. Nanoscale 11 41, 19251-19264 (2019)

2. M. Cai and D. Ding. Anal. Chim. Acta 1056, 153-160 (2019)
3. D. Ayodhya and G. Veerabhadram. J. Phys. Chem. B 157, 57-69 (2016)
4. Y. V. Kuznetsova, S. V. Rempel, I. D. Popov, E. Y. Gerasimov, A. A. Rempel. Colloids Surf., A 520, 369–377 (2017).
5. E. S.Vorontsova, Y. V. Kuznetsova, S. V. Rempel. AIP Publishing 2313 1, 0300422020 (2020)

СТРУКТУРА ОБЛАЧНОГО ТЭНИТА КАК ИНДИКАТОР УДАРНОГО И ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Муфтахетдинова Р.Ф[1], Яковлев Г.А.[1], Брусницына Е.В.[1], Гроховский В.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: yakovlev.grigoriy@gmail.com

THE STRUCTURE OF CLOUDY ZONE OF TAENITE AS AN INDICATOR OF SHOCK AND THERMAL EFFECTS

Muftakhetdinova R.F.[1], Yakovlev G.A.[1], Brusnitsyna E.V.[1], Grokhovsky V.I.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The formation of the cloudy zone in taenite resulted from the unique space conditions. In the presence or absence of this structure, one can draw conclusions about the reaching of certain temperatures. So, the cloudy zone could serve as an indicator of shocking and heating.

Изучение влияния ударного и теплового воздействия на структуру метеоритов в космических условиях является сложной задачей, поскольку распределение температур и давлений в метеоритном веществе весьма хаотично. Например, в [1] показано, что в обыкновенных хондритах с размером зерна примерно миллиметр давление достигает равновесия в течение микросекунд после удара, а для достижения равновесной температуры понадобятся несколько секунд.

В космических условиях формируется уникальная структура метеоритного металла, который, как известно, состоит из Fe-Ni сплава. Оценить температуру, на которую было нагрето вещество до падения на Землю, возможно, используя двойную фазовую диаграмму Fe-Ni. Главное отличие от искусственных сплавов заключается в чрезвычайно медленном охлаждении (порядка 1К/млн. лет), в результате чего образуется структура зонального тэнита (γ-Fe(Ni, Co)), которая состоит из тетратэнита, упорядоченной γ’-фазы FeNi и облачного тэнита или облачной зоны (cloudy zone). Данная область формируется в результате спинодального распада и состоит из двух фаз: тетратэнита в камаситовой матрице (γ’+ α) [2].

В данной работе был исследован образец из палласитовой части метеорита Сеймчан после модельных экспериментальных воздействий сферически сходящимися ударными волнами. Эксперименты по нагружению вещества метеорита проводились в ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. Е.И. Забабахина» (г. Снежинск) по методике, описанной в работе [3]. С помощью растрового электронного микроскопа Carl Zeiss ∑IGMA VP на внешней части шарового образца, после удара обнаружены частицы тэнита с зональным строением, которые содержат высоконикелевые округлые островки тетратэнита в сотовой оболочке камасита. Можно предположить, что сохранившаяся структура облачного тэнита, возможно, связана с особенностью теплоотвода на границах металл/силикат. В центре шара следов облачной зоны не обнаружено. Как правило, в таких неоднородных многокомпонентных материалах как вещество метеоритов локальное повышение давления влечет за собой локальное повышение температуры и наоборот. Структура облачного тэнита наблюдается в метеоритах с наличием свидетельств высокой степени удара (> 13 ГПа). Можно утверждать, что есть пороговые значения давлений и температур, после которых структура облачного тэнита исчезает. Анализ литературы показал отсутствие работ по изучению изменений структуры непосредственно облачного тэнита до и после ударного нагружения.

Ранее в работе [4] было установлено, что структура облачного тэнита полностью распадается при нагреве на 700 °C и выдержке 6 часов, но оказывается стабильна при нагреве до 400 °C и тех же значениях выдержки. Таким образом, можно сделать вывод, что данный участок не нагревался выше температуры 700 °C, а сама структура может служить индикатором удара и нагрева вещества внеземного происхождения.

В дальнейшем планируется установить структурные параметры зонального тэнита в ударенном образце, которые позволят более точно оценить изменения в облачном тэните и тетратэните.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и DFG в рамках научного проекта № 20-55-12006, а также при поддержке Министерства Образования и Науки РФ (проект № 075-03-2020-582/4)

1. Shock Effects in Meteorites. Sharp, T. G.; de Carli, P. S. In Meteorites and the Early Solar System II, D. S. Lauretta and H. Y. McSween Jr. (eds.), University of Arizona Press, Tucson, 2006, 943 pp., p.653- 677.
2. Yang C.-W., Williams D.B., Goldstein J.I., Phase Equil. B17, 522–531 (1996).
3. Kozlov E. A., Zhukov A. V. Phase Transitions in Spherical Stress Waves. In: High Pressure Science and Technology, S. C. Schmidt, J. W. Shaner, G. A. Samara, M. Ross (eds), American Institute of Physics, New York, 1994, pp. 977—980 (1993).
4. Brusnitsyna E. V., Muftakhetdinova R. F., Yakovlev G. A, Tyutrina T. V. and Grokhovsky V. I., AIP Conference Proceedings, 2313, 060002 (2020).

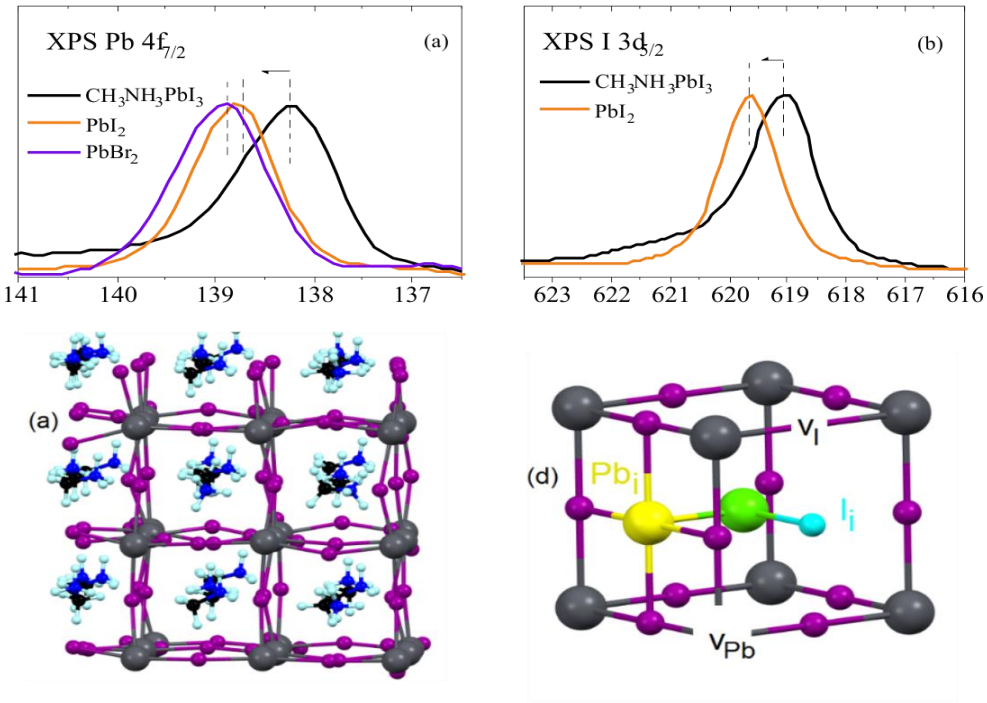
XPS SPECTRA AS A TOOL FOR STUDYING PHOTOCHEMICAL AND THERMAL DEGRADATION IN $APbX_3$ HYBRID HALIDE PEROVSKITES

Zhidkov I.S.[1, 3], Boukhvalov D.W.[1, 2], Akbulatov A.F.[4], Losev T.S.[1], Troshin P.A.[4], Kurmaev E.Z.[1, 3]

[1)] Institute of Physics and Technology, Ural Federal University
[2)] College of Science, Institute of Materials Physics and Chemistry, Nanjing Forestry University
[3)] M.N.Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences
[4)] Institute for Problems of Chemical Physics of the Russian Academy of Sciences
E-mail: i.s.zhidkov@urfu.ru

Our results show that the resistance of hybrid lead halide perovskites to stress factors (light or heat) is gradually increased while substituting the A-site cation going from $CH_3NH_3^+$ to $CH(NH_2)_2^+$ and then to Cs^+.

This study features the potential and examples of the comprehensive use of X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and density functional theory (DFT) to analyze the degradation processes in $APbX_3$ hybrid halide perovskites, where the X-site anion is I– and Br– and the A-site cation is represented by CH_3NH_3, $CH(NH_2)_2$, and Cs. The whole set of XPS options is used, including the measurements of survey, core levels (C 1s, N 1s, Pb 4f, I 3d and Br 3d), and valence bands spectra, which provides a complementary understanding of the electronic structure and chemical bonding of perovskites while excluding the random errors. It is found that stability of $APbX_3$ perovskites with respect to light soaking and heat stress is connected with the formation of PbX_2 degradation product, which can be monitored by high-energy resolved XPS Pb 4f, I 3d-spectra and valence band spectra. The obtained results are confirmed by DFT calculations of the formation energies of intrinsic PbX_2-defects. Furthermore, our results show that the resistance of hybrid lead halide perovskites to stress factors (light or heat) is gradually increased while substituting the A-site cation going from $CH_3NH_3^+$ to $CH(NH_2)_2^+$ and then to Cs^+.



This study was supported by Russian Foundation for Basic Research (grants 20-24-660003 and 21-52-52002)

1. I.S. Zhidkov et al. Nano Energy 79, 105421 (2021)

СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЕТЕРОГЕННЫХ НАНОСИСТЕМ НА ОСНОВЕ ОКСИДНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ZnO И SnO_2

Жилова О. В.[1], Панков С. Ю.[1], Макагонов В. А.[1], Каширин М. А.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет

E-mail: zhilova105@mail.ru

THE STRUCTURE AND THE ELECTRICAL PROPERTIES OF HETEROGENEOUS NANOSYSTEMS BASED ON ZnO AND SnO_2 OXIDE SEMICONDUCTORS

Zhilova O. V.[1], Pankov S. Y.[1], Makagonov V. A.[1], Kashirin M. A.[1]

[1)] Voronezh State Technical University

The effect of heat treatment on the structure and the electrical properties of ZnO/SnO_2 multilayer thin-film systems studied. It was found that the films have a layered structure that is stable up to 400°C. After annealing at 400°C and 600°C Mott variable range hopping conduction mechanism observed.

В данной работе проведено изучение влияния термообработки на структуру и электрические свойства многослойных тонкопленочных систем ZnO/SnO_2.

В настоящее время достаточно подробно исследованы физические свойства широкозонных оксидных полупроводников In_2O_3, SnO_2, ZnO, которые принято применять в качестве функциональных материалов для резистивных газовых датчиков. Известно, что газовую чувствительность таких материалов можно увеличить с помощью получения наноразмерной поликристаллической структуры. Однако уменьшение размера кристаллитов приводит к возрастанию влияния на стабильность электрических свойств процессов рекристаллизации пленок при рабочих температурах (573 – 673 K). Одним из возможных способов стабилизации структуры является создание наноразмерных многослойных систем на основе оксидных широкозонных полупроводников. В то же время, наличие наноразмерных слоев различного состава при высоких температурах может приводить к взаимодиффузии. Поэтому для таких систем актуальным является вопрос термической стабильности структуры, фазового состава и происходящих при данных температурах явлений электропереноса.

Исследуемые пленки были получены послойным осаждением оксидов SnO_2 и ZnO методом ионно-лучевого распыления на ненагреваемые керамические подложки из ситалла марки СТ-50 [1]. Толщины синтезированных образцов системы ZnO/SnO_2 варьировались в диапазоне от 129 до 373 нм, количество бислоев составило 76.

На рисунке представлены дифрактограммы пленок ZnO/SnO_2 в исходном состоянии и после термических обработок. Результаты малоугловой дифракции показали, что полученные пленки имеют слоистую структуру, с чередующимися аморфными слоями ZnO и SnO_2. Дифрактограммы, снятые на средних углах, выявили термическую стабильность пленок до температуры $T_{отж.} < 400$ °C. Увеличение $T_{отж.}$ выше 400 °C одновременно приводит к кристаллизации аморфной фазы и разрушению слоистой структуры при температуре отжига $T_{отж.} = 600$ °C.

Из температурных зависимостей электросопротивления были определены механизмы электропереноса. Для тонких пленок $(SnO_2/ZnO)_{76}$ после термообработки при $T_{отж.} = 400$ °C и 600 °C в течение 30 минут наблюдается прыжковый механизм проводимости по локализованным состояниям с переменной длиной прыжка в узкой полосе энергий вблизи уровня Ферми. Для тонких пленок данный механизм реализуется в условиях двухмерного электронного газа, а для более толстых пленок – в условиях трехмерного.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания (проект № FZGM-2020-0007).

1. Optical and electrical properties of thin-film hetero-structures of the In2O3-ZnO system / O.V. Zhilova, S.Yu. Pankov, A.V. Sitnikov, Y.E. Kalinin, M.A. Kashirin, V.A. Makagonov // Materials research express. – 2019. – Vol. 6. – Issue 8. – 086330 (9 p).

РАЗВИТИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ВОЗМУЩЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ КВАНТОВЫХ СПИНОВЫХ МОДЕЛЕЙ БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ

Майбах Е.А.[1], Кашин И.В.[1]

[1)] Кафедра Теоретической физики и прикладной математики, Уральский федеральный университет, ул. Мира 19, 620002 Екатеринбург, Россия.

E-mail: maibah_lena@mail.ru

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF PERTURBATION THEORY FOR SOLVING LARGE-DIMENSIONAL QUANTUM SPIN MODELS

Maibakh E.A.[1], Kashin I.V.[1]

[1)] Theoretical Physics and Applied Mathematics Department, Ural Federal University, Mira Street 19, 620002 Ekaterinburg, Russia.

Here we suggest a theoretical approach to find an approximate solution of quantum Heisenberg model using perturbation theory which is formulated near Ising model.

Изучение магнитных свойств и описание квантовых фазовых переходов являются одними из основных направлений исследований в области современной физики конденсированного состояния.

Поэтому огромный интерес привлекает модель антиферромагнетика Гейзенберга со спином ½ [1].

Задачу описания поведения системы и магнитных свойств на основе уравнений, полученных из «первых принципов», на сегодняшний день не удается решить точно, ввиду ее непреодолимой математической сложности.

Однако эта проблема является одной из ключевых в физике твердого тела и потому для ее решения разработано множество приближенных и эффективных моделей, которые описывают только часть спектра исходной системы [2].

Исходя из этого формируется основная цель данной работы – разработка приближенного решения квантовой модели Гейзенберга с использованием теории возмущений, которая в свою очередь записывается относительно модели Изинга [3].

Первоначальной задачей являлась разработка численной схемы по модели Изинга для нахождения конечного набора состояний с минимальной энергией. Следующим шагом относительно полученной модели строится представление модели Гейзенберга по поперечному магнетизму.

Для численного решения задачи оптимизации был применен программный интерфейс MPI – в силу его устойчивости и уменьшения затраченного времени на решение квантовых спиновых моделей большой размерности.

1. Heisenberg W. // Zeitschrift f. Physik. 1928. Bd.49. S.619—636.

2. Актерский А.Ю. Низкоэнергетические синглетные возбуждения антиферромагнетика Гейзенберга со спином ½ на квадратной решетке: дис. канд. физ.-мат. наук. СПб. 2018. 12 с.
3. Ising E. Beitrag zur Theorie des Ferro- und Paramagnetimus. Hamburg, 1924.

MAGNETIC HYSTERESIS PROPERTIES OF Tb-Co MULTILAYERED FILMS

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 hysteresis properties of $[Tb\text{-}Co/Ti]_n$ and $[Tb\text{-}Co/Si]_n$ multilayered films were studied. The value of the coercive force and its temperature dependence strongly change with a decrease of the Tb-Co layer thickness.

Tb-Co amorphous thin films attract special attention due to their high potential in magnetic random access memory as the materials in which current-induced magnetization switching based on spin-orbit torque can be realized. They are also useful for the development of novel ultrafast memory devices [1,2]. For all these practical applications, magnetic hysteresis properties of films are of great importance. The aim of this work is to study the hysteresis properties of Tb-Co layers of various thicknesses forming parts of the $[Tb\text{-}Co/Ti]_n$ or $[Tb\text{-}Co/Si]_n$ multilayered films.

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 $Tb_{27}Co_{73}$. Low angle X-ray diffraction and reflectivity measurements confirmed the layered structure of the samples. The magnetic properties of the samples were measured by a SQUID magnetometer.

For all studied samples, an increase in the coercive force H_c is observed with decreasing of the temperature. However, depending on the Tb-Co layer thickness $L_{Tb\text{-}Co}$, there are differences in the level of H_c and the temperature ranges of the existence of the high coercivity state (Fig. 1). In particular, for the films with $L_{Tb\text{-}Co} > 3$ nm, H_c increases relatively smoothly. This apparently reflects the temperature behavior of the magnetic anisotropy and magnetostriction of Tb-Co films [3]. At $L_{Tb\text{-}Co} \leq 3$ nm, the temperature interval, in which the hysteresis is confidently recorded, is reduced (Fig. 1) . It is quite probable that, with a decrease in $L_{Tb\text{-}Co}$, an increasing role in determining the magnetic properties of multilayer films begins to play the interfaces arising as a result of interlayer diffusion. It can be assumed that the layers in such films are ternary amorphous Tb-Co-Si(Ti) alloys of variable composition, which can have the properties

of spin glass [4]. The material of spacers has a great influence on the formation of the hysteresis properties of Tb-Co layers, while silicon plays a more active role.

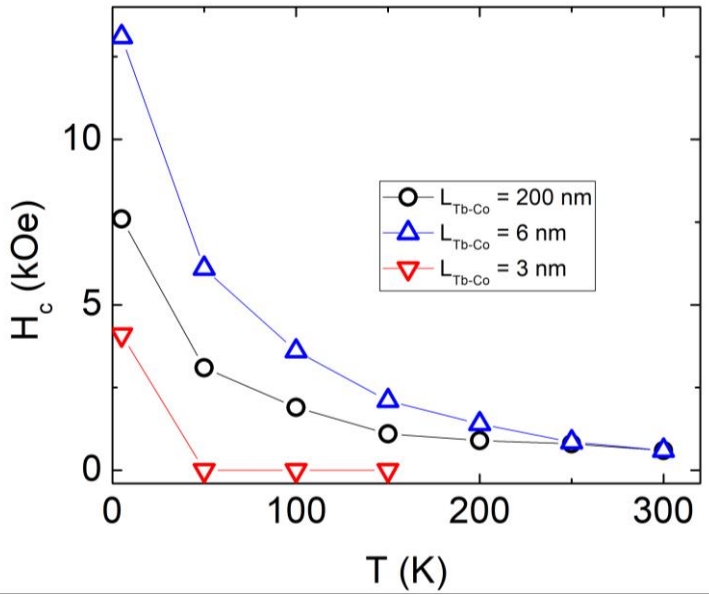


Fig. 1. Temperature dependences of the coercive force of $[Tb\text{-}Co/Si]_n$ multilayered films with different Tb-Co layer thicknesses.

This study was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project No. FEUZ-2020-0051).

1. R. Q. Zhang, L. Y. Liao, X. Z. Chen, et al., Phys. Rev. B. 101, 214418-6 (2020).
2. V. V. Yurlov, K. A. Zvezdin, G. A. Kichin, et al., Appl. Phys. Lett. 116, 222401-5 (2020).
3. V. O. Vaskovskiy, K. G. Balymov, A. V. Svalov, N. A. Kulesh, E. A. Stepanova, A. N. Sorokin, Phys. Solid State, 53, No.11, 2275–2283 (2011).
4. I. A. Makarochkin, E. V. Kudyukov, E. A. Stepanova, G. V. Kurlyandskaya, V. O. Vas'kovskiy, A. V. Svalov, AIP Conf. Proc. 2313, 030057-6 (2020).

ОСОБЕННОСТИ КИНЕТИКИ ПОЛОС ИМПУЛЬСНОЙ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В КЕРАМИКАХ НА ОСНОВЕ Y_2O_3

Соломонов В.И.[1, 2], Спирина А.В.[1], Макарова А.С.[1]

[1)] Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] The Institute of Electrophysics of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
E-mail: AnnieBubnova@mail.ru

FEATURES OF THE KINETICS OF PULSED CATHODOLUMINESCENCE BANDS IN Y_2O_3-BASED CERAMICS

Solomonov V.I.[1, 2], Spirina A.V.[1], Makarova A.S.[1]

[1)] The Institute of Electrophysics of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work, we investigated the kinetics of the intrinsic emission centers bands in Y_2O_3-based ceramic samples in order to determine the characteristic times of rise and decay of luminescence

В данной работе исследовалась кинетика импульсной катодолюминесценции в керамике на основе беспримесного оксида иттрия при возбуждении электронным пучком длительностью 2 нс со средней энергией электронов 170 кэВ. При таком воздействии люминесценция возникает после выключения возбуждения, а кинетические кривые всех полос имеют экстремальный вид со своими участками разгорания и затухания. В проведенных ранее нами работах [1, 2] показано, что спектр импульсной катодолюминесценции Y_2O_3 состоит из ультрафиолетовой полосы, которая излучается автолокализованными экситонами, и серии полос в видимом диапазоне спектра, принадлежащих излучению поверхностного свободного радикала Y=O. Для собственных центров излучения определено, что затухание полос имеет экспоненциальный характер и его характерные времена являются временами жизни излучательных уровней, а кривые разгорания полос имеют различный вид, определяемый законом релаксации электронно-дырочных пар и механизмом передачи энергии с вышерасположенных уровней.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-08-00018

1. В.В. Осипов, А.В. Расулева и В.И. Соломонов, Опт. и спектр. 105, №4, 591-597 (2008).
2. В.И. Соломонов, В.В. Осипов, В.А. Шитов, К.Е. Лукьяшин и А.С. Бубнова, Опт. и спектр. 128, №1, 5-9 (2020).

РАССЕЯНИЕ УЛЬТРАКОРОТКИХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА ДИНАМИЧЕСКИХ МИШЕНЯХ

Макарова К.А.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
E-mail: ksenya931408@yandex.ru

SCATTERING OF ULTRA-SHORT LASER PULSES ON DYNAMIC TARGETS

Makarova K.A.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University

In this work, it was shown that, using ultrashort laser pulses, it is possible to observe dynamic processes at the atomic and molecular levels from the scattering spectra.

Развитие современной техники генерации ультракоротких импульсов электромагнитного поля (УКИ) позволяют наблюдать атомные и молекулярные явления в реальном масштабе времени [1]. Значительное количество работ посвящено процессам ионизации и возбуждения мишеней [2]. Как правило, процессы взаимодействия ультракоротких импульсов электромагнитного поля с атомными системами рассматривают, предполагая мишени находящимися в стационарных состояниях. В данной работе рассмотрены процессы ионизации при взаимодействии ультракоротких лазерных импульсов с системами, находящимися в нестационарных состояниях. К нестационарным системам в этой работе относятся любые системы, где с течением времени меняется вероятность нахождения системы в заданном состоянии. К таким состояниям можно отнести образование и перестройка химической связи, электронный транспорт и др. В данной работе рассмотрен в общем виде процесс образования и перестройка химической связи. Показано, что такой процесс можно наблюдать при рассеянии ультракоротких лазерных импульсов. Установлено, что ключевым моментом такого наблюдения является недипольность взаимодействия УКИ с динамическими системами.

Отметим, что до настоящего времени процессы рассеяния УКИ при взаимодействии УКИ и меньшей длительности системами, находящимися в нестационарных состояниях, ранее практически не встречалась в литературе [3-5].

Автор признателен д.ф.-м.н. Есееву М.К. и д.ф.-м.н. Макарову Д.Н. за обсуждение и ценные комментарии к работе.

Работа поддержана Грантом Президента РФ №МД-4260.2021.1.2. и Российским фондом фундаментальных исследований, № 20-32-90239

1. Krausz F., Ivanov M. Attosecond physics. Rev. Mod. Phys. 2009 V. 81, 163.
2. A.M. Zheltikov. The Raman effect in femto- and attosecond physics // Phys.Usp. 2011, V. 54, 29

3. Makarov D. N., Matveev V. I., Makarova K. A., Dynamic target ionization using an ultrashort pulse of a laser field // Technical Physics Letters, 2014, V. 40 (9), 773-775.

4. Matveev V.I., Makarov D. N., Dynamics of electronic transitions and reemission spectra of attosecond electromagnetic pulses // JETP Letters, 2014, V. 99(5), 258-265

5. 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.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА КРИСТАЛЛОВ В МЕТАСТАБИЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА ГИББСА-ТОМСОНА

Маковеева Е.В.[1]

[1)] Лаборатория многомасштабного математического моделирования, Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

E-mail: eugenya1m@gmail.com

MATHEMATICAL MODELING OF CRYSTAL GROWTH IN A METASTABLE LIQUID TAKING INTO ACCOUNT THE GIBBS-THOMSON EFFECT

Makoveeva E.V.[1]

[1)] Laboratory of Multi-Scale Mathematical Modeling, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The work has solved a system of integro-differential equations describing the process of the intermediate stage of the phase transition. It is shown that the temperature shift significantly affects the change in supercooling in a metastable liquid, as well as the particle size distribution function.

Фазовый переход жидкость - твердое тело в метастабильных системах (переохлажденных расплавах или пересыщенных растворах) играет важную роль в различных областях фундаментальной и прикладной науки, начиная от физики конденсированных сред и материаловедения до медицинской физики и биофизики [1]. Этот процесс сильно зависит от кинетики зарождения и роста отдельных частиц в метастабильной жидкости, которые требуют достаточно большого переохлаждения (пересыщения).

Теория нестационарных процессов зародышеобразования и роста частиц на промежуточной стадии фазовых превращений была развита в [2] с учетом флуктуаций скорости роста кристаллов и различных механизмов зарождения и кинетики роста. Основываясь на этой теории, продемонстрируем, как эффект Гиббса-Томсона влияет на динамику ансамблей частиц в метастабильных жидкостях. А именно, хорошо известно, что температура фазового перехода на границе твердое

тело-жидкость сильно зависит от локальной кривизны этой поверхности, то есть температура меньше (больше) для выпуклых (вогнутых) границ по сравнению с соответствующей температурой для плоского фронта. Этот температурный сдвиг на растущей границе твердое тело-жидкость определяется межфазным условием Гиббса-Томсона [3], которое играет значительную роль в описании различных явлений фазового перехода твердое тело-жидкость [4,5]. Отметим, что температурный сдвиг больше для более мелких кристаллов.

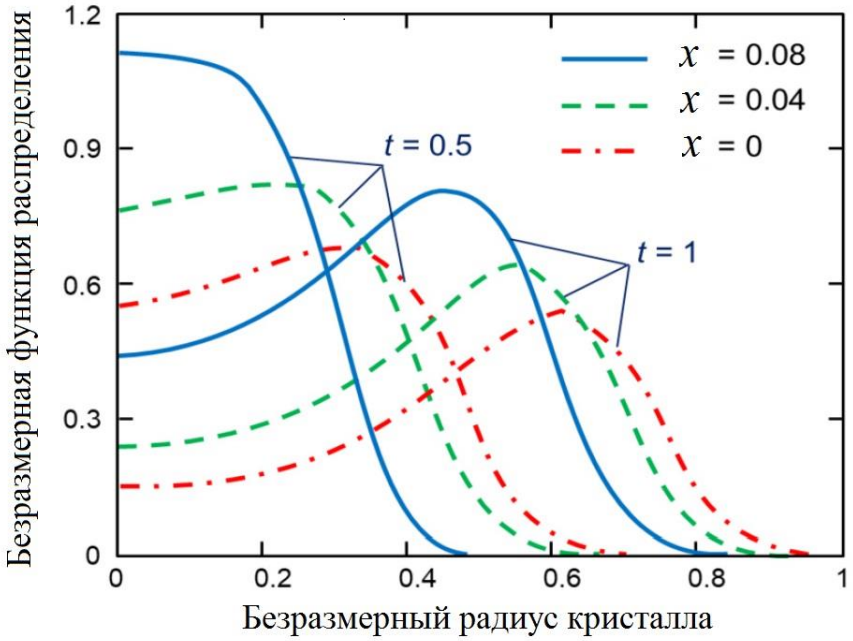


Рис. 1. Безразмерная функция распределения в зависимости от безразмерного размера кристаллов, показанных при различных t и x

Поведение точных аналитических решений математической модели продемонстрировано на рис. 1. Мы можем заметить, что со временем функция распределения эволюционирует, так что ее максимум уменьшается и смещается вправо, а кривая распределения становится все более и более похожей на колоколообразную. Кроме того, количество мелких кристаллов в метастабильной системе со временем уменьшается из-за процесса переохлаждения / перенасыщения и уменьшения скорости зародышеобразования. Кроме того, количество более крупных кристаллов в системе увеличивается с течением времени в результате эволюции кристаллов, которые появлялись на малых временах. Этот процесс описывается сдвигом функции распределения во времени в сторону более крупных кристаллов.

Таким образом, температурный сдвиг, снижающий температуру межфазного фазового перехода на растущих поверхностях частиц, который вызывается эффектом Гиббса-Томсона, существенно влияет на эволюцию ансамблей частиц в

метастабильных жидкостях. А именно, этот сдвиг может резко увеличить степень метастабильности и изменить функцию распределения частиц по размерам. С учетом вышесказанного можно сделать вывод, что эффект Гиббса-Томсона может существенно влиять на промежуточную стадию фазового перехода и должен учитываться при теоретическом и численном моделировании.

Данная работа была поддержана грантом Фонда развития теоретической физики и математики «БАЗИС» № 20-1-5-82-1

1. Yu.A. Buyevich, V.V. Mansurov, J. Cryst. Growth 104 (1990) 861.
2. D.V. Alexandrov, Phys. Lett. A 378 (2014) 1501.
3. W.A. Tiller, The Science of Crystallization: Microscopic Interfacial Phenomena, Cambridge University Press, Cambridge, 1991.
4. P. Pelcé, Dynamics of Curved Fronts, Academic Press, Boston, 1988.
5. P.K. Galenko, D.V. Alexandrov, E.A. Titova, Philos. Trans. R. Soc. A 376 (2018) 20170218.

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ МАГНИТОТВЕРДЫХ СПЛАВОВ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Мальцева В.Е.[1], Андреев С.В.[1], Уржумцев А.Н.[1], Незнахин Д.С.[1], Болячкин А.С.[1], Волегов А.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

E-mail: viktoria.maltseva@urfu.ru

FEATURES OF MAGNETIZATION REVERSAL OF HARD MAGNETIC ALLOYS AT LOW TEMPERATURE

Maltseva V.E.[1], Andreev S.V.[1], Urzhumtsev A.N.[1], Neznakhin D.S.[1], Bolyachkin A.S.[1], Volegov A.S.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

Major hysteresis loops of nanocrystalline alloys based on the Pr2Fe14B phase at T = 2 K have been studied. Depending on the composition and structure of the samples, magnetization reversal can be carried out both by a stepwise and by a continuous change in magnetization.

Развитие техники и технологий, например, создание новых космических аппаратов, и некоторых видов транспорта на основе магнитной левитации, приводит к необходимости применения многих магнитотвердых материалов при криогенных температурах. Процессы намагничивания и перемагничивания при низких температурах отличаются от процессов, происходящих при комнатной температуре не только ввиду изменения фундаментальных констант фаз, входящих

в состав материала и определяющих магнитные характеристики, но и заметным снижением теплоемкости, а также переходом многих процессов намагничивания и перемагничивания от классических к квантовым. Одной из особенностей, проявляющихся на петлях магнитного гистерезиса, является изменение их вида, из гладких они превращаются в «ступенчатые». Существует несколько объяснений этого явления. Так Н.В. Баранов с соавторами [1] рассмотрели доменные стенки как квазичастицы и построили теорию туннелирования доменных границ через парамагнитную прослойку между зернами основной магнитотвердой фазы. M. Uehara [2] с коллегами показали, что в процессе такого скачка выделяется тепло, достаточное для нагрева образца на несколько кельвин. Этот нагрев приводит к локальному снижению коэрцитивной силы и изменению локальных магнитных полей. В работе [3] авторы показали, что подобный термоактивационный механизм может происходить и в нанокристаллических материалах. Цель настоящей работы заключается в исследовании влияния структуры образцов на процессы их перемагничивания при температуре 2 К.

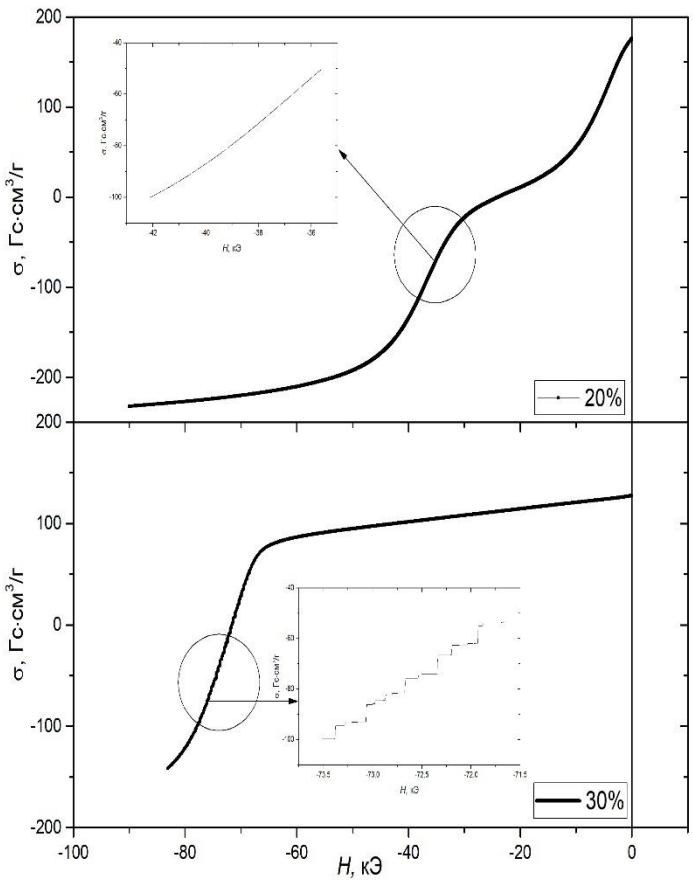


Рис. 1. Предельные петли магнитного гистерезиса нанокристаллических сплавов на основе фазы типа $Pr_2Fe_{14}B$

Методом быстрой закалки синтезированы композиционные нанокристаллические сплавы на основе соединения $Pr_2Fe_{14}B$ с различным содержанием основной магнитотвердой фазы. Условно, все образцы можно разделить по содержанию РЗМ на достехиометрические (20 и 22 % Pr), стехиометрические (26 и 28 % Pr) и застехиометрические (30% Pr). Полученные образцы подвергались отжигам

в вакууме при температурах 650-675°С (кроме застехиометрического образца). Измерения магнитных свойств образцов проводились посредством измерительной системы DynaCool 9 T.

Показано, что предельные петли магнитного гистерезиса образцов достехиометрического состава перемагничиваются непрерывно, в то время как стехиометрического и застехиометрического составов перемагничиваются скачками (Рисунок 1). Образцы достехиометричесого состава кроме основной магнитотвердой фазы имеют распределенные случайным образом наноразмерные зерна фазы Fe_2B. Эти зерна являются магнитомягкими и перемагничиваются в полях, существенно меньших, чем зерна основной магнитотвердой фазы. Зерна магнитомягкой фазы выступают в качестве центров формирования зародышей перемагничивания и уменьшают возможные размеры области, которая может перемагнититься при постоянной величине магнитного поля до размера около 300 нм.

В докладе более детально будут представлены особенности перемагничивания полученных сплавов при разных скоростях изменения магнитного поля, а также объяснение наблюдаемых зависимостей.

Работа выполнена в рамках гранта МК-1746.2020.2.

1. N.V. Baranov, E.V. Sinitsyn, E.A. Ignatyev, S.V. Andreev, JMMM, 130, 133 (1994)
2. M. Uehara, B. Barbara, B. Dieny, P.C.E., Physics Letters A, 114A, 23-26 (1986)
3. D.S. Neznakhin, A.S. Bolyachkin, A.S. Volegov, P.E. Markin, S.V. Andreev, N.V. Kudrevatykh, JMMM, 377, 477 (2015)

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СПЕКТРОВ ОТРАЖЕНИЯ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ ИЗ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ В ВИДИМОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

Малышев О.К.[1], Хариноева Т.А.[1], Крюкова И.С.[1, 2],
Мартынов И.Л.[1], Чистяков А.А.[1]

[1)] Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Россия
[2)] Laboratoire de Recherche en Nanosciences, LRN-EA4682, Université de Reims Champagne-Ardenne, 51100 Reims, France
E-mail: malyshev1456@gmail.com

FEATURES OF SIMULATION THE REFLECTION SPECTRA OF POROUS SILICON PHOTONIC CRYSTALS IN THE VISIBLE SPECTRAL RANGE

Malyshev O.K.[1], Kharinoeva T.A.[1], Kriukova I.S.[1, 2],
Martynov I.L.[1], Chistyakov A.A.[1]

[1)] National Research Nuclear University MEPhI, Russia
[2)] Laboratoire de Recherche en Nanosciences, LRN-EA4682, Université de Reims Champagne-Ardenne, 51100 Reims, France

This work is devoted to simulation of the reflection spectra of porous silicon photonic structures in visible spectral range taking into account dispersion of refractive index and light absorption in partially oxidized silicon skeleton.

Одной из перспективных платформ для создания оптических и оптоэлектронных сенсоров в настоящее время является пористый кремний (ПК) [1]. Структуры на его основе обладают большой удельной площадью поверхности, а отработанная технология изготовления позволяет легко варьировать размер пор от единиц до сотен нанометров [2]. Работа значительной части оптических сенсоров из ПК основана на изменении диэлектрической проницаемости его слоев при сорбции молекул из окружающей среды. В результате этого процесса наблюдается сдвиг или деформация спектра отражения сенсорного элемента [1,3]. Чувствительность подобных сенсоров можно увеличить за счет использования многослойных структур из ПК со свойствами фотонного кристалла, например, брэгговских зеркал или микрорезонаторов. Такие структуры обладают резкими фронтами и резонансными линиями в спектрах отражения, в результате чего можно отслеживать даже незначительное изменение показателя преломления.

На этапе разработки новых фотонных структур из ПК крайне полезным является предварительное моделирование их оптических свойств. В ИК области спектра такие расчеты не представляют каких-либо трудностей, так как показатель преломления Si в этой области практически константа. Вместе с тем в видимой области спектра корректное моделирование оптических свойств фотонных структур из ПК требует учета не только дисперсии показателя преломления [4], но и поглощения света в отдельных слоях структуры.

В рамках настоящей работы создана модель, позволяющая методом матриц переноса рассчитывать спектры отражения фотонных структур из ПК для видимой области спектра с учетом дисперсии, поглощения и частичного окисления кремниевого остова. Кроме того, модель позволяет прогнозировать сдвиг запрещенной фотонной зоны и искажение формы спектра отражения при заполнении пор структуры растворителем или сорбции на ее поверхности органических молекул.

Для проверки корректности предложенного подхода были проведены эксперименты по заполнению пор термически окисленных микрорезонаторов из ПК различными органическими растворителями. Исследуемые микрорезонаторы были изготовлены методом электрохимического травления монокристаллического кремния и состояли из двух брэгговских зеркала и расположенной между ними полости. Собственная мода резонаторов находилась в диапазоне длин волн 500-650 нм. Для заполнения пор были использованы метанол, толуол и ацетонитрил. Продемонстрировано хорошее совпадение расчетных и экспериментально зарегистрированных спектров отражения исследуемых структур. Полученные результаты могут быть использованы для расчета оптических параметров различных фотонных структур из ПК и гибридных систем на их основе, предназначенных для работы в видимой области спектра электромагнитных волн.

1. Levitsky I. Sensors. Vol. 15, № 8. P. 19968–19991 (2015).
2. Sailor M.J. Porous Silicon in Practice. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, (2011).
3. Orosco M.M., Pacholski C., Sailor M.J. Nature Nanotech. Vol. 4, № April. P. 255–258 (2009).
4. Dovzhenko D.S. et al. Opt. Spectrosc. Vol. 122, № 1. P. 79–82 (2017).

DETERMINATION OF THE THICKNESS AND OPTICAL PARAMETERS OF Gd_2O_3 THIN FILMS BASED ON THE INTERFERENCE EFFECT

Mamonov A.P.[1], Kuznetsova Yu.A[1], Gavrilov N.V.[2], Zatsepin A.F.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Electrophysics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

E-mail: mammonovandrey99@gmail.com

A set of key optical parameters of Gd_2O_3 thin films deposited on a glassy silica substrate by magnetron sputtering technique was determined using optical transmittance and absorption data. The refractive index dispersion in the wavelength range 400-660 nm was obtained by analyzing the interference e

Gadolinium oxide thin films are of interest as functional materials for multilayer devices of nanophotonics, optoelectronics, alternative energy and systems of radiation conversion [1]. Such parameters as thickness (d), refractive index (n), absorption coefficient (α) and optical band gap (Eg) directly influence on the functional characteristics of thin film coatings. In this work, we determine the thickness and key optical parameters of Gd2O3 thin films from transmittance and absorption spectra using the interference effect.

Thin film of Gd_2O_3 were deposited on silica glass substrates by radio frequency (13.56 MHz) magnetron sputtering using the metallic gadolinium as a target. Based on the synthesis mode data, the expected film thickness is 500 nm. Optical transmission and absorption spectra were recorded on a Perkin Elmer Lambda 35 spectrophotometer at room temperature.

Optical transmission spectrum $T(\lambda)$ of Gd_2O_3 thin film is shown in Fig. 1. There are two spectral ranges we can distinguish: (I) – the interference-free range of strong absorption and (II) – range of medium and weak absorption with interference extremes. The basis for determining the thickness and optical parameters of films from transmittance spectra with interference-effect is an envelope method developed by Swanepoel [2]. The essence of the method is to analyze the upper T_M and lower T_m envelopes (blue and red lines in Fig. 1) of $T(\lambda)$ spectrum. The refractive index of film can be calculated by equations:

$$n = \sqrt{(N + \sqrt{(N^2 - n_s^2)})}\ , \quad (1)$$

$$N = 2*n_s*(T_M-T_m)/(T_M*T_m)+(n_s^2+1)/2, \quad (2)$$

where T_M, T_m, are values of upper and lower envelopes at certain wavelength, and refractive index of substrate (ns = 1.47 for silica glass in the investigated spectral range), respectively.

Using the obtained values of the film thickness can be determined:

$d=(\lambda_1*\lambda_2)/(2*(\lambda_1*n_2 - (\lambda_2*n_1))$, (3)

where n_1 and n_2 are refractive indexes at two adjacent interference maxima (or minima) λ_1 and λ_2 . Using the method described above we determined that: the refractive index of Gd_2O_3 thin film takes values n= 2.55 - 2.03 in the wavelength range λ = 400-660 nm; the thickness of film is d = 460 nm.

The range of strong absorption (I) was analyzed using the optical absorption spectra. On the basis of Tauc equation [3] in the coordinates for direct interband transition the band gap of Gd2O3 film was determined as Eg = 3.98 eV.

1. M. Mishra, P. Kuppusami, S. Ramya, V. Ganesan, A. Singh, R. Thirumurugesan, E. Mohandas, Surface and Coatings Technology 262, 56-63 (2015).
2. R. Swanepoel, J. Phps. E: Sci. Instrum. 16 (1983).
3. J. Tauc Amorphous and Liquid Semiconductors (Plenum, New York), 1974.

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ МОНОКЛИННОГО ZrO_2 ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Марфин А.Ю.[1], Никифоров С. В.[1], Зырянов С. С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: marfin.sasha@gmail.com

LUMINESCENCE OF MONOCLINIC ZrO_2 AFTER ELECTRON IRRADIATION

Marfin A. Yu.[1], Nikiforov S. V.[1], Zyryanov S. S.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A comparative analysis of luminescent properties for three type ZrO_2 samples, which differ in grain size and raw material composition, has been carried out. Differences in the TSL curves are established and the results of its optical bleaching are presented.

Люминофоры на основе диоксида циркония нашли широкое применение в современной оптоэлектронике, фотонике и дозиметрии ионизирующего излучения [1]. Несмотря на активное исследование люминесцентных свойств моноклинного диоксида циркония, природа ловушек, ответственных за появление пиков термостимулированной люминесценции (ТСЛ), остается неясной. Известно, что одним из способов возбуждения ТСЛ является облучение электронами различных энергий.

Целью настоящей работы являлось изучение люминесценции моноклинного ZrO_2, облученного электронами различных энергий.

Использовались три типа образцов: тип 1 и 2 – нанопорошки (40-100 нм), изготовленные из различного сырья, тип 3 – микропорошок со средним размером

частиц 25 мкм. Исследуемые образцы представляли собой компакты толщиной 1 мм, диаметром 5 мм и массой 60 мг, полученные путем холодного одноосного прессования. ТСЛ возбуждалась с помощью линейного ускорителя УЭЛР-10-10С с энергией электронов 10 МэВ и импульсного ускорителя РАДАН-ЭКСПЕРТ с энергией электронов 130 кэВ (1,5 кГр на один импульс). ТСЛ измерялась при линейном нагреве со скоростью 2 К/с с помощью ФЭУ-130 с максимумом спектральной чувствительности 400–420 нм. Оптическое обесцвечивание осуществлялось светодиодами с длинами волн 365 и 470 нм.

В работе исследованы кривые ТСЛ для образцов трех типов, облученных импульсным электронным пучком с энергией 130 кэВ и дозой 15 кГр. Кривая ТСЛ для образцов типа 2 и 3 представлена двумя пиками: пик А (130 °С) и пик В (225 °С). Кривая ТСЛ для образцов типа 1 имеет только пик А (130 °С), пик В отсутствует. Величина максимума интенсивности пика А для образцов типа 3 более чем в 20 раз превышает его значение для образцов типа 1 и 2. Интенсивность ТСЛ пика В образцов типа 2 и 3 соизмерима. Максимумы интенсивностей ТСЛ пиков А и В для образцов типа 1 и 2 имеют близкие значения. Наблюдаемые различия в структуре кривых ТСЛ исследуемых образцов могут быть связаны с различной величиной размера зерна, а также вариацией примесного состава, что требует дальнейших исследований.

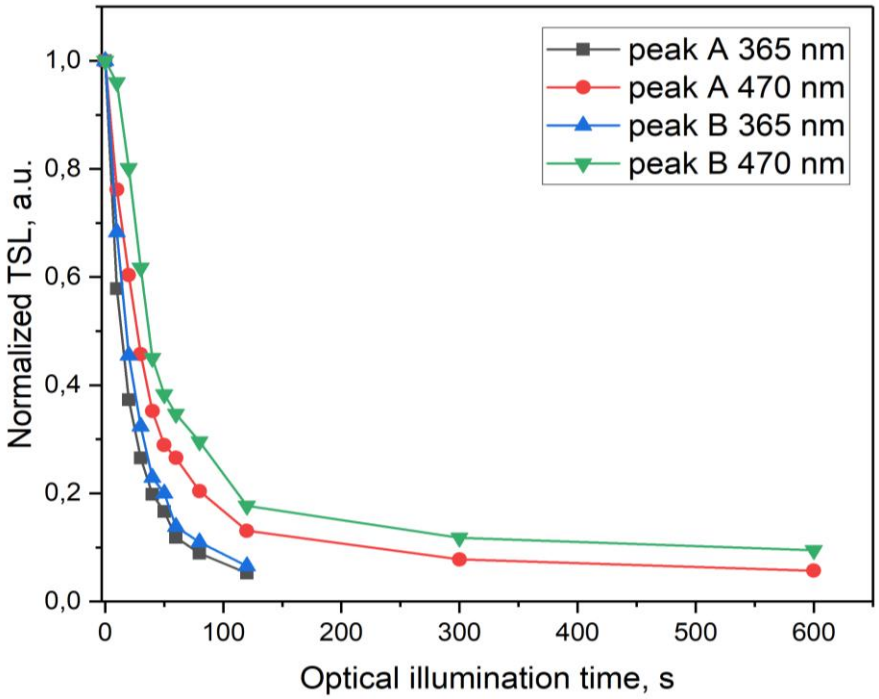


Рис. 1. График зависимости интенсивности ТСЛ пиков А и В от времени оптического возбуждения для образцов типа 2, облученных импульсным электронным пучком с энергией 130 кэВ и дозой 15 кГр

Для изучения чувствительности ловушек исследуемого материала к воздействию оптического излучения были проведены эксперименты по оптическому обесцвечиванию ТСЛ. Использовались два значения длины волны: 365 и 470 нм.

Полученные результаты показывают (рисунок 1), что образцы всех трех типов подвержены оптическому обесцвечиванию. При этом интенсивность ТСЛ при облучении светодиодами с длиной волны 365 нм падает быстрее с ростом времени облучения, чем при использовании длины волны 470 нм. Зависимости интенсивности ТСЛ от времени оптического возбуждения независимо от выбранного светодиода имеют схожий вид для пиков A и B. Полученные результаты показывают, что кинетика обесцвечивания ТСЛ зависит от длины волны светодиода и не зависит от типа ловушек в исследуемом материале.

В работе также проведен сравнительный анализ ТСЛ свойств исследуемых образцов при ее возбуждении электронами с энергией 130 кэВ и 10 МэВ.

1. V. Kiisk, L. Puust, K. Utt, A. Maaros, H. Mandar, E. Viviani, F. Piccinelli, R. Saar, U. Joost, I. Sildos. Journal of Luminescence. V. 174, 49-55 (2016)

ОСОБЕННОСТИ СПЕКТРОВ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ ПЛЕНОК ЛИНЕЙНО-ЦЕПОЧЕЧНОГО УГЛЕРОДА НА ПЛАТИНОВОЙ ПОДЛОЖКЕ

Матицев А.И.[1], Бунтов Е.А.[1]

[1)] Уральский Федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: sasha_sz61@mail.ru

THE RAMAN SPECTRA FEATURES OF LINEAR-CHAINED CARBON FILMS ON A PLATINUM SUBSTRATE

Matitsev A.I.[1], Buntov E.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The aim of this work is an ab initio study of the features of the Raman spectra for linear-chained carbon (LCC) films on a platinum. The obtained spectra, calculated by the DFT method, can be used for control during the synthesis of LCC films.

Углеродные материалы представляют собой одно из самых перспективных направлений исследований в современном материаловедении. Линейно-цепочечный углерод является sp^1 аллотропном углерода, который встречается в двух формах: полиин, который имеет чередующиеся одинарные и тройные связи $(–C≡C–)_n$, и кумулен, который имеет только двойные связи $(=C=C=)_n$. Хотя впервые ЛЦУ и был синтезирован несколько десятков лет назад, синтез чистого кристалла до сих пор является сложной технологической задачей. Причинной данной проблемы является крайняя нестабильность и химическая активность цепочек углерода. Поэтому в ходе синтеза ЛЦУ необходимо контролировать структуру и свойства получаемого покрытия. Оптические методы являются возможными кандидатами

для такого анализа, так, например комбинационное рассеяние считается способным обнаружить присутствие ЛЦУ [1,2].

Целью данной работы является изучение спектров комбинационного рассеяния пленок линейно-цепочечного углерода на подложке платины с помощью DFT моделирования. Были разработаны структурные модели, в которых цепи располагались вертикально и горизонтально (рис. 1), в присутствии и без молекул воды. Сравнение результатов расчетов с экспериментальными спектрами платиновых наночастиц, покрытых ЛЦУ, позволило определить ориентацию цепей относительно поверхности наночастиц.

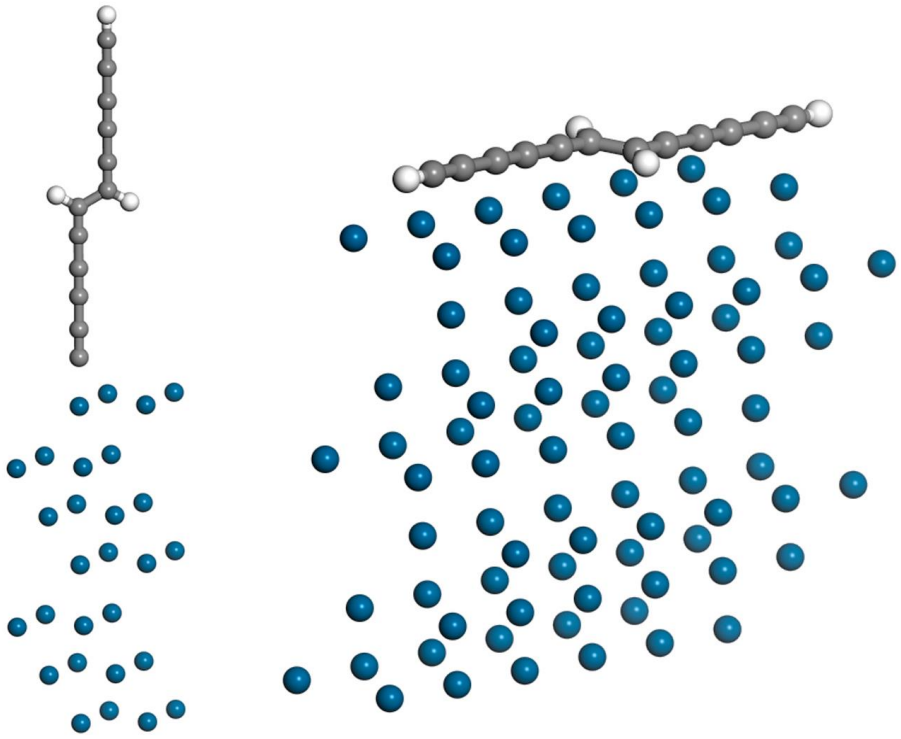


Рис. 1. Модели ЛЦУ на поверхности платины (111). Серые атомы – углерод, белые – водород, синие – платина

1. F. Innocenti, A. Milani, C. Castiglioni, Journal of Raman Spectroscopy, Vol. 4 № 2, P. 226–236 (2010)

2. A. Milani, M. Tommasini, V. Russo, A. Li Bassi, A. Lucotti, F. Cataldo, C.S. Casari, Beilstein Journal of Nanotechnology, Vol. 6 № 1, P. 480–491. (2015)

LUMINESCENCE OF SOLID SOLUTIONS BASED ON SILICATE-GERMANATE WITH APATITE STRUCTURE DOPED WITH Eu^{3+} IONS

Mikhailova P.V.[1], Pustovarov V.A.[1], Vasin A.A.[2], Zuev M.G.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, 620002, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Solid State Chemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 620990, Ekaterinburg, Russia
E-mail: poly333poly@gmail.com

In this report, we have investigated energy transfer processes and europium impurity centers spectroscopic manifestations in $Ca_2La_{6.8}Eu_{1.2}Si_{4.8}Ge_{1.2}O_{26}$ microcrystalline powder by means of photoluminescence (PL) spectroscopy and upon X-ray excitation. excitation

Apatite-related materials, to which complex silicate-germanium compounds doped with rare earth ions belong, are attracting wide interest in research of new effective luminophores with high-intensity luminescence in vision spectral range, f. e. for light emitting diodes. Luminescent properties of such materials can be adjusted, tuned, and improved with efficient energy transfer between host lattice rare earth ion (sensitizer) and impurity centers. Europium ion can be in crystal matrixes simultaneously in the form Eu^3+ and Eu^2+ ions that lead to formation of oxygen vacancies. In addition, europium ions can occupy nonequivalent crystallographic positions in a lattice, forming the various optical centers. On basis of the luminescence spectroscopy studies, the information about the number and the structure of luminescence centers formed by Eu^3+ in nonequivalent crystallographic positions in the crystal lattice was obtained.

The studied powders were obtained by the methods described in our works [1, 2]. The crystal chemical characteristics of the obtained compounds of solid solutions were examined with the use of a Shimadzu XRD-7000 X-ray spectrophotometer with a Cu detector. The PL emission, PL excitation spectra (2.8-5.9 eV) were measured in temperature range of 85-300 K using automated setup including 400W deuterium discharge lamp, DMR-4 prismatic monochromators and H-6358-10 (Hamamatsu) photomultiplier tube. X-ray excited luminescence spectra were measured using URS-55A (Cu anode, 30 kV, 12 mA) apparatus in Solid state physics Lab (Experimental physics department, UrFU).

As example, Figure 1 (a) shows PL emission spectra under excitation of various UV-photon energy. A complete set of radiative transitions typical for Eu^3+ ions is observed at any excitation. They are marked according to the Dicke diagram. The very high quantum yield of PL in the red spectral region should be noted. The PL excitation spectrum is shown in Fig. 1 (b). Three spectral regions should be highlighted: 1 - the region of intracenter f-f transitions in Eu^3+ ion (band 3.2 eV): 2 - region of the charge transfer band ($O \rightarrow Eu^3+$) 3.8-4.5 eV; 3 - region of fundamental absorption characteristic of germanium ($E > 5$ eV). The high luminescence yield upon excitation by photons in the fundamental absorption region and upon X-ray excitation indicates efficient transport of charge carriers to impurity centers.

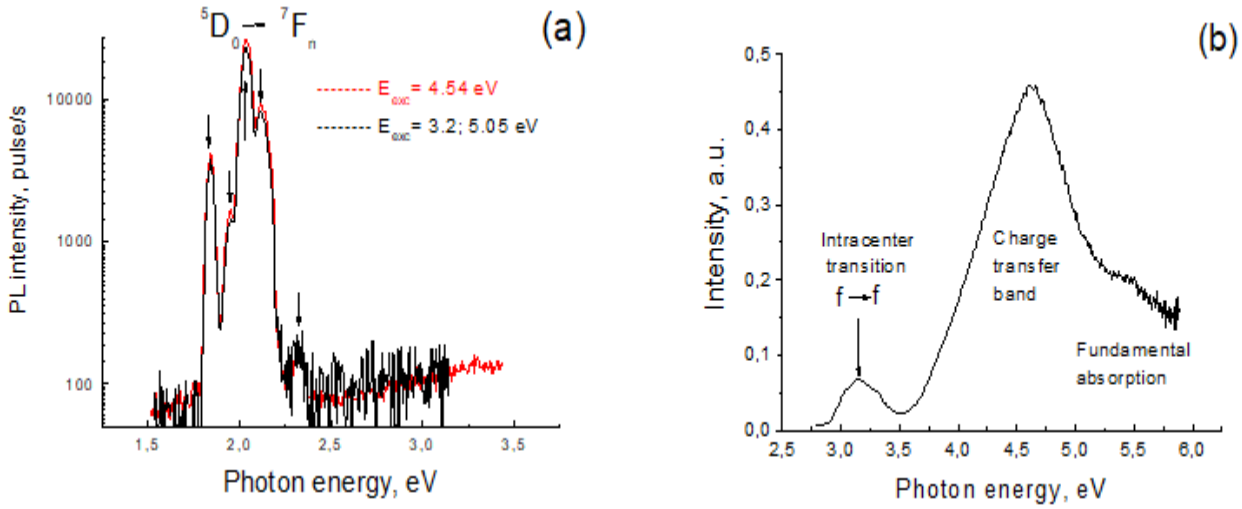


Figure 1. (a) – PL spectra of $Ca_2La_{6.8}Eu_{1.2}Si_{4.8}Ge_{1.2}O_{26}$ powder upon different photon excitation; (b) – PL excitation spectra for 2.027 eV (612 nm) emission line, T = 295 K

The work was partially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (through the basic part of the government mandate, project FEUZ-2020-0060) and RFBR (project No. 20-03-00851).

1. A.A. Vasin, M.G. Zuev, E.V. Zabolotskaya, I.V. Baklanova, L.A. Akashev, R.F. Sammigulina, Journal of Luminescence 168, 26–37 (2015).

2. A.A. Vasin, M.G. Zuev, I.D. Popov, I.V. Baklanova, D.G. Kellerman, E.V. Zabolotskaya, Ju.G. Zajnulin, N.I. Kadyrova, Russian Journal of Physical Chemistry A 94, Iss. 12, 2467–2473 (2020).

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОЭМИССИОННЫХ СВОЙСТВ ВОЛЬФРАМОВОГО КАТОДА С НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

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

STUDY OF THE FIELD EMISSION PROPERTIES OF A TUNGSTEN CATHODE WITH A NANOSTRUCTURED SURFACE

Muzyukin I.L.[1, 2], Mikhailov 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

Field emission from tungsten surfaces with nano «fuzz» was measured. To save the tungsten surface, the measurements were carried out in the current range from femtoamperes to picoamperes.

Взаимодействие плазмы с поверхностью является ключевым фактором для реализации термоядерного синтеза с магнитными ловушками. Эксперименты по взаимодействию плазмы и вольфрамовых стенок проводились на линейных ускорителях, и токамаках. В результате взаимодействия гелиевой плазмы со стенками формируются тонкие нано стрежни, называемые «пухом» [1]. Данная работа посвящена исследованию автоэмиссионных свойств вольфрамового катода с наноструктурированной поверхностью.

Все измерения происходили в вакуумной камере при давление 10^{-8} торр. Вольфрамовый образец (пластина диаметром 3 см) выступала в качестве катода, с которого снимался эмиссионный ток. В качестве основного анода использовалось вольфрамовое острие диаметром 90 мкм. Для отображения эмиссионных центров использовался экран с люминофором и ускоряющей сеткой, находящимися за анодом на расстоянии 4 см. На катоде предусмотрен нагревательный элемент для прогрева образца до температуры 350 ºС. Расстояние между анодом и катодом регулировалось в промежутке от 0,3 до 1 мм.

Для уменьшения взаимодействия поля на поверхность вольфрама и защиты от пробоев. Измерение проводились при пикоамерных эмиссионных токах до начала свечения на люминофорном экране. Для этого в измерительной цепи вместо шунта использовался конденсатор 285 пФ. Накопленный заряд на конденсаторе измерялся при помощи осциллографа. Полученную ВАХ можно увидеть на рисунке 1.

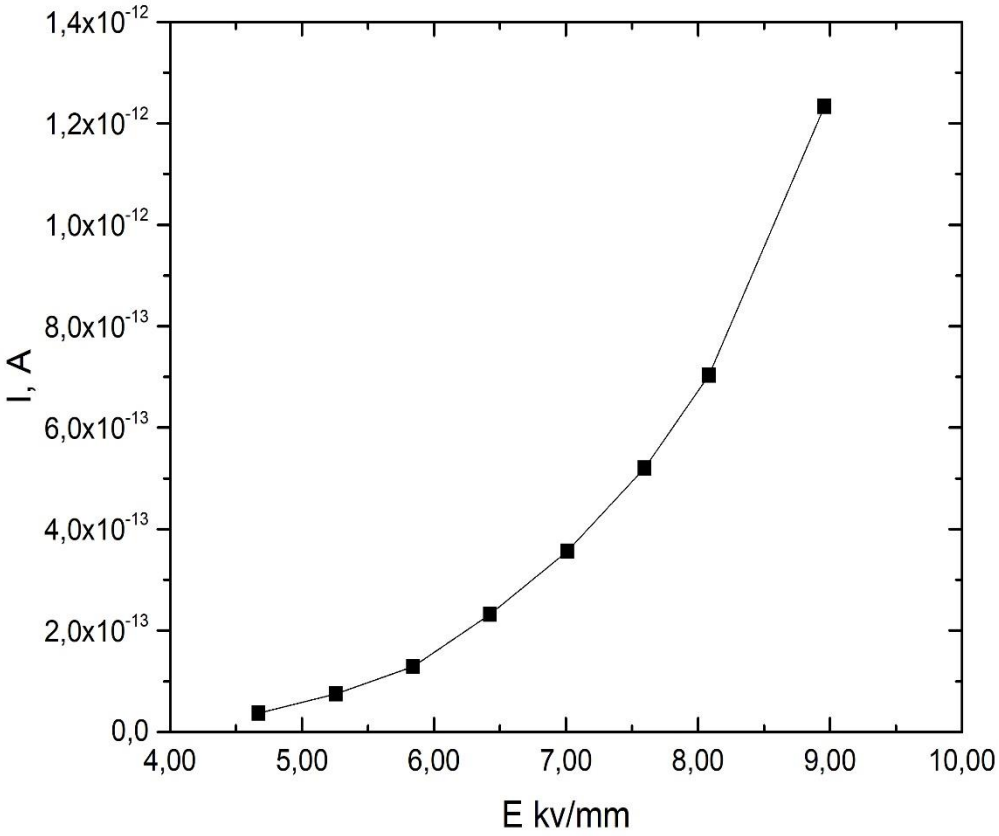


Рис. 1. ВАХ вольфрамового катода с наноструктурированной поверхностью

1. Kajita, Shin, Naoaki Yoshida, and Noriyasu Ohno. "Tungsten fuzz: deposition effects and influence to fusion devices." Nuclear Materials and Energy (2020): 100828.

ЭФФЕКТЫ ЭЛЕКТРОН-ФОНОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В МИКРОКАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ 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)] НОЦ НАНОТЕХ, Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: half-lifes@yandex.ru

EFFECTS OF ELECTRON-PHONON INTERACTION IN MICROCATHODOLUMINESCENCE 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)] NANOTECH CENTER, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch, Russian Academy of Science, Yekaterinburg, Russia

The effects of the electron-phonon interaction in the microcathodoluminescence of hexagonal boron nitride are studied. The energies of the phonons involved in the radiative processes of the electron-phonon interaction in h-BN are determined.

Гексагональный нитрид бора (h-BN) относится к классу широкозонных полупроводников и является перспективным материалом для создания опто- и наноэлектронных Ван-дер-Вальсовых гетероструктур [1]. Известно, что собственные и примесные дефекты, а также их комплексы определяют электрофизические характеристики h-BN [1-5]. В связи с этим, актуальной практической задачей является разработка неразрушающих способов контроля степени дефектности и примесного состава h-BN, основанных на методах электронной микроскопии. Настоящая работа посвящена исследованию монокристаллических частиц h-BN методами катодолюминесценции (КЛ) и рентгеноспектрального анализа (РСА) с микронным пространственным разрешением.

Выполнено исследование нескольких частиц h-BN с хлопьевидной морфологией, размером 50-100 мкм и толщиной около 100 нм. Измерение спектров КЛ в диапазоне 180-600 нм осуществлялось при комнатной температуре с использованием сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-6390LV и спектрометра HORIBA H-CLUE-P. РСА проводился на электронно-зондовом микроанализаторе Cameca SX100 (напряжение 10 кВ, ток 20 нА) с использованием псевдокристаллов LPC0, PC1, PC2.

Выполнено картирование поверхности образцов h-BN методом КЛ и РСА. Анализ экспериментальных данных показал, что во всех спектрах КЛ регистрируются две серии пиков в областях 4.2-3.3 и 2.9-2.5 эВ. Обнаружено, что соотношение интенсивностей указанных серий пиков меняется. На некоторых спектрах

КЛ регистрируется также пики малой интенсивности в области 5.9 и 5.4 эВ. Выполнена аппроксимация спектров КЛ суперпозицией нескольких функций Гаусса. Определены энергии фононов, участвующих в излучательных процессах электрон-фононного взаимодействия в h-BN.

Обсуждается природа указанных различий в спектрах КЛ в сравнении с данными по элементному картированию поверхности исследуемых образцов. На основании проведенных ранее нами исследований методом комбинационного рассеяния света [5] предложены модели излучательной релаксации электронных возбуждений на собственных и примесных дефектах в h-BN.

Работа частично выполнена в ЦКП УрО РАН «Геоаналитик» в рамках темы № АААА-А19-119071090011-6 государственного задания ИГГ УрО РАН (М.Г.Б. и З.Д.А.), а также при поддержке научного проекта ГЗ Минобрнауки FEUZ-2020-0059 (М.Д.А, В.А.С. и В.И.А.).

1. Caldwell J.D. et al. Nat. Rev. Mater., 4, 552-567 (2019).
2. Vokhmintsev A.S. et al. J. Lumin., 208, 363-370 (2019).
3. Vokhmintsev A.S. et al. Rad. Meas. 124, 35-39 (2019).
4. Vokhmintsev A.S., Weinstein I.A. J. Lumin., 230, 117623 (2021).
5. Михалевский Г.Б. и др. Физика. Технологии. Инновации. ФТИ-2020: тез. докл. VII международной молодежной научной конференции, Екатеринбург, 18-22 мая 2020 г. с. 255-256.

SITE-SELECTIVE LUMINESCENCE OF SOLID SOLUTIONS BASED ON SILICATE-TUNGSTATES DOPED WITH Eu^{3+} IONS

Mirgorodskikh K.S.[1], Pustovarov V.A.[1], Vasin A.A.[2], Zuev M.G.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, 620002, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Solid State Chemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 620990, Ekaterinburg, Russia
E-mail: kostya210000@mail.ru

Energy transfer processes and europium-ion spectroscopic manifestations in $Ca_2La_{6.8}Eu_{1.2}Si_{5.6}W_{0.4}O_{26.4}$ and $Ca_8Eu_2Si_3W_3O_{26}$ solid solutions were studied using photoluminescence spectroscopy and upon X-ray excitation.

Materials based on silicates and tungstates doped with rare-earth ions are of wide interest in the study of new effective phosphors with high-intensity luminescence, f. e. for LEDs. Luminescent properties of such materials can be adjusted, tuned and improved with efficient energy transfer between host lattice rare earth ion (sensitizer) and activator. This current work studies energy transfer processes and europium-ion spectroscopic features in $Ca_2La_{6.8}Eu_{1.2}Si_{5.6}W_{0.4}O_{26.4}$ and $Ca_8Eu_2Si_3W_3O_{26}$ powders by means of photoluminescence (PL) spectroscopy and upon X-ray excitation.

Europium ions can be in crystal hosts simultaneously in the form Eu^{3+} and Eu^{2+} states that lead to formation of oxygen vacancies. In addition, europium ions can occupy nonequivalent crystallographic positions in a lattice, forming the various optical centers. On the basis of luminescence spectroscopy studies, the information about the number and the structure of optical centers formed by Eu^{3+} and Eu^{2+} ion in a different charge state in the crystal lattice was obtained.

Microcrystalline powders (solid solutions) were obtained via coprecipitation and the nitrate-citrate pyrolysis method. X-ray powder diffraction (DRON-2) was used to identify the crystalline structure of the phosphors. The PL emission, PL excitation spectra were measured in temperature range of 80-300 K using setup including 400W deuterium discharge lamp, DMR-4 prismatic monochromators and H-6358-10 photomultiplier tube. X-ray excited luminescence spectra were measured using URS-55A (Cu anode, 30 kV, 12 mA) apparatus in Solid State Physics Lab (Experimental physics department, FTI, UrFU).

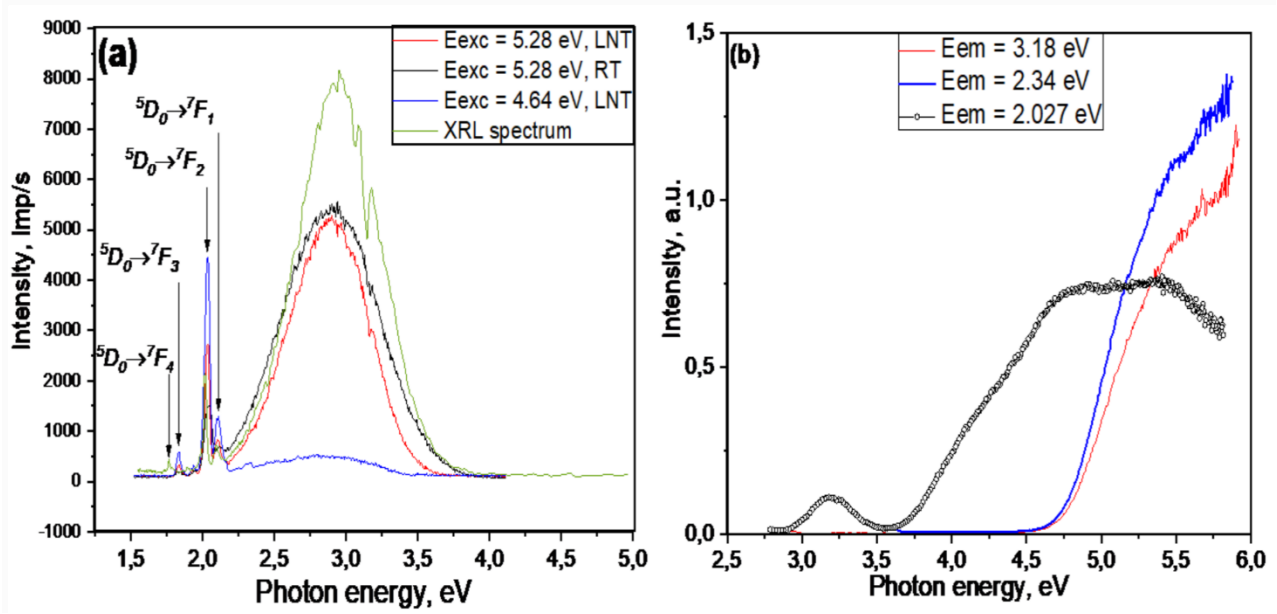


Figure 1. (a) – XRL and PL spectra under different photon excitation (Eexc) of $Ca_8Eu_2Si_3W_3O_{26}$ powder at TLNT = 80 K and TRT = 295 K; (b) – PL excitation spectra for different emission bands, T = 295 K

Figure 1 (a) shows PL emission spectra upon excitation of various UV-photon energy as well as upon X-ray excitation. The broad emission band at 420 nm (2.95 eV) corresponds to the emission of Eu^{2+} ions or host emission. In addition, a set of narrow lines typical for Eu^{3+} ions is observed at any excitation in the red spectral region. They are marked according to the Dicke diagram. The PL excitation spectrum is shown in Fig. 1 (b). For Eu^{3+} emission, three spectral regions should be distinguished: 1 - the region of intracenter f-f transitions (band 3.2 eV); 2 - region of the charge transfer band ($O \rightarrow Eu^{3+}$) 3.7-4.8 eV; region of fundamental absorption characteristic of tungstates (E> 4.8 eV). The high luminescence yield upon excitation by photons in the fundamental absorption region and upon X-ray excitation indicates efficient transport of charge

carriers. Features of spectroscopy manifestation of Eu^{2+} and Eu^{3+} ions, as well as energy transfer host to impurity centers are discussed.

The work was partially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (through the basic part of the government mandate, project No. FEUZ-2020-0060) and RFBR (project No. 20-03-00851).

АНТИФЕРРОМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В КРИСТАЛЛАХ СЕМЕЙСТВА $Pr_XY_{1-X}Fe_3(BO_3)_4$ С УГЛОВОЙ МАГНИТНОЙ СТРУКТУРОЙ

Миронов Р.И.[1], Панкрац А.И.[1]

[1)] Институт инженерной физики и радиоэлектроники Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

E-mail: ro.mironoff228@yandex.ru

ANTIFERROMAGNETIC RESONANCE IN CRYSTALS OF THE FAMILY $Pr_XY_{1-X}Fe_3(BO_3)_4$ WITH ANGULAR MAGNETIC STRUCTURE

Mironov R.I.[1], Pankrats A.I.[1]

[1)] Institute of Engineering Physics and Radio Electronics Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

With diamagnetic dilution of the $PrFe_3(BO_3)_4$ subsystem with nonmagnetic yttrium, the anisotropic contribution of the Pr^{3+} subsystem decreases; in the concentration range x = 0.67-0.45, a transition from the LO to the LP magnetic structure occurs through the formation of angular magnetic structure

Семейство антиферромагнитных кристаллов $Pr_xY_{1-x}Fe3(BO_3)_4$ интересно тем, что подсистемы ионов Pr^{3+} и Fe^{3+} характеризуются, соответственно, легкоосным (ЛО) и легкоплоскостным (ЛП) типами магнитной анизотропии. В чистом $PrFe_3(BO_3)_4$ анизотропный ЛО вклад подсистемы Pr3+ является преобладающим. При диамагнитном разбавлении этой подсистемы немагнитным иттрием анизотропный вклад подсистемы Pr^{3+} уменьшается, и в области концентраций x = 0.67÷0.45 происходит переход от ЛО к ЛП магнитной структуре через образование угловых магнитных структур [1].

Целью работы является изучение антиферромагнитного резонанса (АФМР) в кристаллах $Pr_xY_{1-x}Fe_3(BO_3)_4$ в области формирования угловых магнитных структур.

На рис. 1 приведены частотно-полевые зависимости (ЧПЗ) АФМР, измеренные при T = 4,2 K и H||c в кристалле $Pr_{0,67}Y_{0,33}Fe_3(BO_3)_4$, в котором по данным нейтронных исследований [1] антиферромагнитный вектор магнитной структуры наклонен под углом 23° к оси кристалла. В магнитных полях меньше 12 кЭ

наблюдаются две линейно зависящие от поля ветви ЧПЗ, характерные для ЛО антиферромагнетика с начальным расщеплением ~ 56 GHz. Выше 12 кЭ наблюдается единственная ветвь ЧПЗ с начальным расщеплением ~ 32 GHz, вид которой характерен для ЛП антиферромагнетика. Таким образом, в кристалле $Pr_{0,67}Y_{0,33}Fe_3(BO_3)_4$ в магнитном поле 12 кЭ происходит индуцированный магнитным полем ориентационный переход ЛО□ЛП с изменением знака и величины поля анизотропии.

Ранее [1] при исследовании магнитных свойств монокристалла $Pr_{0,75}Y_{0,25}Fe(BO_3)_4$ в магнитном поле вдоль тригональной оси обнаружены необычные двухступенчатые переходы спиновой переориентации со скачками намагниченности в полях 21 и 29 кЭ. В работе [1] этот эффект объяснен тем, что при намагничивании кристалла в области магнитных полей между 21 и 29 кЭ формируется промежуточная угловая фаза с углом наклона антиферромагнитного вектора, отличающимся от соответствующего угла наклона исходного состояния. Спектры АФМР, при T=4,2 К и H||c для этого монокристалла представлены на рис. 2. Экспериментальные ЧПЗ представляют собой два набора идентичных зависимостей, характерных для ЛО антиферромагнетика и соответствующих двум значениям начального расщепления спекра АФМР 76 GHz и 95 GHz. Анализ этих данных позволяет предположить, что в действительности двухступенчатый характер спиновой переориентации обусловлен тем, что этот кристалл содержит две области с различным соотношением ионов Pr^{3+} и Y^{3+}. В результате этого две области с разной концентрацией празеодима характеризуются различными значениями полей ЛО анизотропии, что и приводит к различным значениям начальных расщеплений спектра АФМР и полей спин-флоп переходов в этих областях. Следовательно

1. A.I.Pankrats, A.A.Demidov, C.Ritter, D.A.Velikanov, S.V.Semenov,V. I.Tugarinov, V.L.Temerov and I.A.Gudim. Transformation from an easy-plane toan easy-axis antiferromagnetic structurein the mixed rare-earth ferroboratesPrxY1−xFe3(BO3)4: magnetic propertiesand crystal field calculations. J.Phys.: Condens. Matter 28 (2016) 396001 (18pp).

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ОТЖИГА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ БОРАТА ЖЕЛЕЗА $FeBO_3$

Снегирёв Н.И.[1], Любутин И.С.[1], Ягупов С.В.[2], Куликов А.Г.[1], Селезнев К.А.[2], Могиленец Ю.А.[2], Артемов В.В.[1], Стругацкий М.Б.[2]

[1)] Институт кристаллографии им А.В. Шубникова
ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН
[2)] Физико-технический институт ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского»

E-mail: niksnegir@yandex.ru

EFFECT OF THE GAS MEDIA AND TEMPERATURE REGIMES OF ANNEALING ON THE PHASE COMPOSITION OF IRON BORATE $FeBO_3$

N. I. Snegirev[1], I. S.Lyubutin[1], Yagupov S.V.[2], A. G. Kulikov[1], K.A.Selesnev[2], Yu. A. Mogilenec[2], V. V. Artemov[1], M. B. Strugatsky[2]

[1)] Shubnikov Institute of Crystallography, FSRC Crystallography and Photonics, RAS
[2)] Physics and Technology Institute, Vernadsky Crimean Federal University

Iron borate $FeBO_3$ crystals are annealed in neutral, oxidizing, and reducing gas media on a specially designed setup. The effect of the chemical medium and annealing modes on the surface morphology and phase composition of the samples is established.

Известно, что при отжиге кристаллов $FeBO_3$, в условиях за пределами стабильности, в их структуре наступают необратимые изменения, связанные с образованием новых кристаллических фаз. В частности, ранее было установлено, что при отжиге $FeBO_3$ на воздухе он трансформируется в гематит α-Fe_2O_3, а при определенных температурных режимах в отожженных образцах также обнаруживается фаза Fe_3BO_6 [1, 2].

Цель настоящей работы - изучить морфологию и фазовый состав отожженных в различных химических средах кристаллов бората железа.

Для проведения экспериментов была сконструирована установка, позволяющая проводить отжиг в различных средах при температурах до 1000°C. Увеличение площади поверхности контакта образца с газовой средой достигалось путем измельчения монокристаллов бората железа до порошкообразного состояния с размерами зерна порядка 100 мкм.

На рисунке 1 приведены изображения поверхности образцов до отжига (Рис. 1а) и после отжига при 800°C на воздухе (Рис. 1б), в протоке аргона (Рис. 1в) и водорода (Рис. 1г), полученные методом растровой электронной микроскопии. Морфологические изменения поверхности наиболее выражены при отжиге кристаллов в протоке водорода (Рис. 1г).

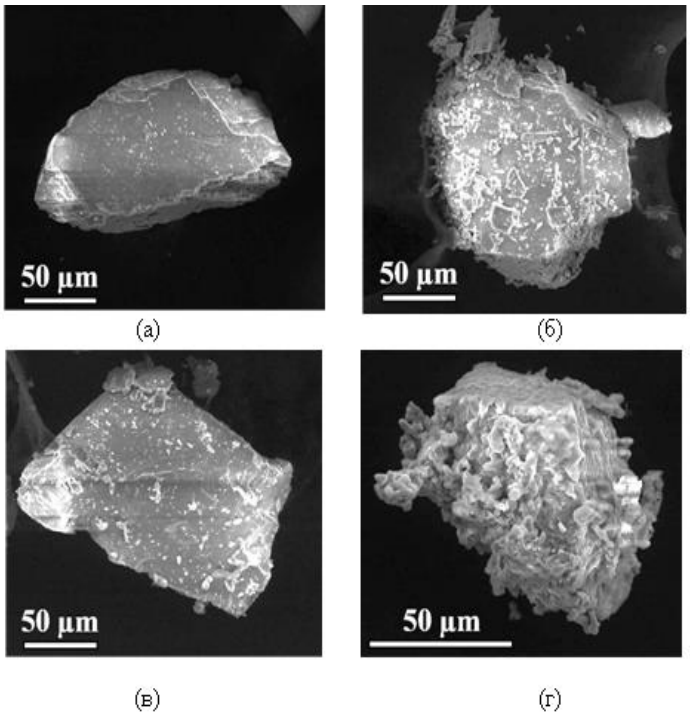


Рис. 1. Изображения растровой электронной микроскопии поверхности кристаллов $FeBO_3$ до отжига (а) и отожженных при 800°С в атмосфере воздуха (б), аргона (в) и водорода (г).

По результатам рентгеновского фазового и энергодисперсионного анализа установлено следующее влияние химической среды: отжиг на воздухе или в протоке аргона при 800°С ведет к частичной, а при 1000°С - к полной перекристаллизации бората железа в фазу α-Fe_2O_3; отжиг в протоке водорода при 800°С ведет к полной трансформации $FeBO_3$ - в фазы $Fe_2B_2O_5$ и α-Fe, а при 1000°С – в фазу α-Fe и аморфную составляющую.

Результаты проведенного исследования будут использованы для отработки технологических режимов отжига кристаллов бората железа.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ, проект № 19-29-12016-мк, в части разработки экспериментальной установки и получения кристаллических образцов.

Рентгеновские и электронно-микроскопические измерения проведены при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках выполнения работ по Государственному заданию ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» с использованием оборудования ЦКП (проект RFMEFI62119X0035).

1. Yagupov, S. V., Snegirev, N. I., Seleznyova, K. A. et al. // Technical Physics. 2019. V. 64. P. 1161.

2. Snegirev, N. I., Lyubutin, I. S., Kulikov, A. G.,et al. // Crystallography Reports. 2020. V. 65. P. 596.

ВЛИЯНИЕ ЗАМЕЩЕНИЯ В КАТИОННОЙ ПОДРЕШЕТКЕ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ $(Fe,V)_7Se_8$

Мозговых С.Н[1], Баранов Н.В.[1, 2], Шишкин Д.А[1, 2], Селезнева Н.В.[1]

[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

EFFECT OF SUBSTITUTION IN THE CATION SUBLATTICE ON PHYSICAL PROPERTIES OF $(Fe,V)_7Se_8$ COMPOUNDS

Mozgovykh S.N[1], Baranov N.V[1, 2], Shishkin D.A.[1, 2], Selezneva N.V[1]

[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

Single-crystalline samples of $Fe_{7-x}V_xSe_8$ compounds ($0 \le x \le 0.5$) were synthesized and studied by X-ray diffraction, magnetization, and electrical resistivity measurements. It has been found that the introduction of a small amount of vanadium significantly affects on magnetic properties.

Железосодержащие халькогениды переходных металлов с общей формулой $(Fe,M)_{1-x}Ch$ (M = 3d металл; Ch = S, Se, Te) могут обладать уникальными физическими свойствами в силу особенностей кристаллохимического строения. Например, установлено, что в антиферромагнитных соединениях на основе дихалькогенидов переходных металлов с металлическим типом проводимости индуцируемые магнитным полем фазовые переходы сопровождаются гигантским магниторезистивным эффектом, который сопоставим по величине с наблюдаемым в искусственно созданных многослойных металлических структурах [1]. Целью данного исследования являлось изучение изменения физических свойств при замещении атомов железа на ванадий в слоистом соединении Fe7Se8.

Выращены монокристаллы $Fe_{7-x}V_xSe_8$ ($0 \le x \le 0.5$) модифицированным методом Бриджмена в вакуумированных кварцевых ампулах, в градиентной вертикальной печи. Аттестация химического состава проводилась с помощью электронно-зондового микроанализа (рентгеновского детектора X-Max). Температурные и полевые зависимости намагниченности измерялись в температурном интервале 80 К – 550 К с помощью с помощью вибромагнетометра 7407 VSM (Lake Shore, USA) в полях до 17 kOe. Измерения электросопротивления проводили 4-х контактным способом на переменном токе на установке с использованием автономного криостата замкнутого цикла CryoFree204.

Основные структурные, магнитные и электрические свойства для соединения Fe_7Se_8 хорошо согласуются с литературными данными [2]. Установлено, что замещение по катионной подрешетке до x =0.5 в соединениях $Fe_{7-x}V_xSe_8$ не приводит к разупорядочению вакансий. Были получены петли магнитного гистерезиса вдоль и перпендикулярно кристаллографической оси [001]. Выявлено, что малое количество ванадия в подрешетке железа оказывает влияние на температуру спиновой переориентации и величину коэрцитивной силы, однако температура магнитного упорядочения при замещении изменяется незначительно. Оценены константы магнитокристаллической анизотропии.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № FEUZ-2020-0054).

1. Baranov N.V. et al. Magnetic phase transitions, metastable states, and magnetic hysteresis in the antiferromagnetic compounds $Fe_{0.5}TiS_{2-y}Se_y$ // J. Physical Review B. – 2019. – V.100. – P. 024430.

2. Lyubutin I. S. et al. Structural, magnetic, and electronic properties of iron selenide $Fe_{6-7}Se_8$ nanoparticles obtained by thermal decomposition in high-temperature organic solvents // The Journal of chemical physics. – 2014. – Т. 141. – №. 4. – С. 044704.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ПЫЛИ ИЗ ГОЛУБОГО ЛЬДА АНТАРКТИДЫ

Муфтахетдинова Р.Ф.[1], Булат С.А.[1, 2], Гроховский В.И.[1], Секацкий С.К.[3]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова НИЦ «Курчатовский институт», г. Гатчина, Россия
[3)] École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Лозанна, Швейцария
E-mail: gizrozka91@bk.ru

THE STUDY OF NANOSCALE COSMIC DUST PARTICLES FROM BLUE ICE FIELDS OF ANTARCTICA

Muftakhetdinova R. F.[1], Bulat S. A.[1, 2], Grokhovsky V. I.[1], Sekatskii S.K.[3]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Petersburg Nuclear Physics Institute named by B.P. Konstantinov of National Research Centre “Kurchatov Institute”, 188300, Gatchina, Russia
[3)] École Polytechnique Fédérale de Lausanne, CH1015 Lausanne, Switzerland

The samples of cosmic dust entrapped into the blue ice collected nearby Wohlthat Mountains in Queen Maud Land, East Antarctica, were studied using an SEM and AFM. AFM studies showed that the majority of particles had the sizes of 50-100 nm for 2B-2 sample and 100-400 nm for 2B-4 sample.

Ежегодно на поверхность Земли выпадает десятки тысяч тонн космической пыли (в том числе микрометеоритов), что является продолжением процесса аккреции, начавшегося 4,57 миллиарда лет назад [1,2]. Ледовый покров Антарктиды – уникальное место для сбора космической пыли, поскольку он в наименьшей степени загрязнен естественной земной (и практически нет промышленной) пылью. Из-за постоянной минусовой температуры (связанной воды), частицы пыли остаются практически неизменными [3, 4]. Изучение микрометеоритов имеет огромное значение, так как они представляют собой наиболее хорошо сохранившиеся материалы ранней Солнечной системы [5]. В данной работе мы исследовали два образца космической пыли, собранного неподалеку от гор Вольтат на Земле Королевы Мод, Восточной Антарктиде, с помощью атомно-силового микроскопа (система Bruker Dimension FastScan AFM), а также растрового электронного микроскопа Carl Zeiss ∑IGMA VP.

Образцы для АСМ-исследований готовили следующим образом: сначала образцы льда были расплавлены и сконцентрированы при фильтрации на центрифуге через мембраны 3-10 кДа в условиях чистой комнаты (класс чистоты 10000 - 100). Затем небольшое количество (капля объемом 5 мкл) этой воды, содержащей пыль, объемом 5 мкл, наносили на свеже-сколотую поверхность слюды и высушивали под азотом. АСМ-измерения выявили частицы самого разного раз-

мера, в том числе достаточно мелкие, диаметром 10 нм и меньше. Чтобы избежать возможных экспериментальных ошибок и просчетов, мы ограничили наше исследование частицами размером более 25-30 нм (и до нескольких микрометров), которые можно однозначно увидеть при различных условиях сканирования. Чтобы свести к минимуму загрязнение, образцы были также исследованы в чистой комнате Центра микро- и нанотехнологий (CMi) EPFL (ISO 6 / класс частоты 1000).

Ранее с помощью электронного микроскопа исследовали 54 микрочастицы из тех же образцов голубого льда. Обнаружены микронные частицы сплава железа, что, по всей вероятности, свидетельствует об их метеоритном происхождении.

В данной работе была получена информация о более мелких частицах космической пыли с помощью АСМ. Были исследованы две разные пробы 2В-2 и 2В-4, отобранные с разной глубины голубого льда - 5,5 и 16,5 см от поверхности. Были получены гистограммы распределения частиц по размерам. Исследования методом АСМ показали, что большинство частиц имеют размер 50-100 нм для образца 2В-4 и 100-400 нм для образца 2В-2. Возможно, во втором случае это, предположительно, связано, с наличием вулканического пепла в данном поверхностном горизонте льда. Также получены данные, касающиеся механических свойств (модуля Юнга) относительно крупных (200-500 нм) частиц и их EDX-анализа.

В дальнейшем планируется исследование образцов льда керна Восток с разных горизонтов глубокого бурения на российской станции «Восток» в Антарктиде. Мы полагаем, что, среди прочего, это может быть полезно для количественной оценке вариаций потока микрометеоритов на Земле за последний миллион лет.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и DFG в рамках научного проекта № 20-55-12006, а также при поддержке Министерства Образования и Науки РФ (проект № 075-03-2020-582/4)

1. Peucker-Ehrenbrink B. et al., Elements 12:191-196 (2016).
2. Carrillo-Sánchez, J.D., Gómez-Martín, J.C., Bones, D.L., Nesvorný, D., Pokorný, P., Benna, M., Flynn, G.J., Plane, J.M.C., Icarus 335, 113395. (2020).
3. Bulat E. S. et al., Journal Ice & Snow 4 (120): 146-152 (2012).
4. Dartois et al., Icarus 224: 243–252 (2013).
5. Heck et al., PNAS 1904573117 – 7. (2020).

МАГНИТНЫЙ ПЕРЕХОД В 3D-ПОДРЕШЕТКЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ $GdMn_{1-X}Ti_XSi$ ДЛЯ X = 0 – 1

Мухачев Р.Д.[1, 2], Лукоянов 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 УрО РАН, 620108, ул. Софьи Ковалевской, 18, Екатеринбург, Россия
E-mail: r.d.mukhachev@outlook.com

MAGNETIC TRANSITION IN THE 3D SUBLATTICE OF $GdMn_{1-X}Ti_XSi$ FOR X = 0 - 1

Mukhachev R.D.[1, 2], Lukoyanov A.V.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] M.N. Miheev Institute of metal physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, 620108, Ekaterinburg, Russia

In this work, we investigated the features of the electronic structure and magnetic properties of ternary intermetallic compounds based on gadolinium, namely, $GdMn_{1-x}Ti_xSi$ for x ranging from 0 to 1, in the framework of the DFT based approach accounting for strong electronic correlations in Gd.

В работе исследованы особенности электронной структуры и магнитных свойств тройных интерметаллидов на основе гадолиния $GdMn_{1-x}Ti_xSi$ в рамках метода DFT+U. Соединение GdMnSi является ферромагнетиком с температурой Кюри TC = 314 K, кристаллизуется в тетрагональной структуре P4/nmm CeFeSi типа (пространственная группа 129) с 2 формульными единицами в элементарной ячейке [1]. Ионы гадолиния занимают позиции 2c (0.25, 0.25, Z_{Gd}), ионы марганца и титана – позиции 2a (0.75, 0.25, 0), ионы кремния – позиции 2c (0.25, 0.25, Z_{Si}) [2]. Электронная структура и магнитные свойства интерметаллидов рассчитывались в рамках метода DFT+U (GGA+U) [3] в пакете программ Quantum ESPRESSO [4] с использованием обменно-корреляционного функционала в приближении обобщенной градиентной поправки (GGA) версии PBE. Волновые функции раскладывались по плоским волнам, взаимодействия между ионами и валентными электронами учитывались в рамках метода присоединенных плоских волн. Для учета сильных электронных корреляций 4f-электронов Gd была включена U поправка для параметров прямого кулоновского U = 6.7 эВ и обменного (хундовского) J = 0.7 эВ взаимодействий. Данные значения являются общепризнанными для ионов Gd.

Проведенный анализ плотностей электронных состояний и магнитных моментов ионов в GdMnSi, легированном Ti показал существенное изменение магнитных свойств в зависимости от содержания Mn и Ti. Вместе с магнитным моментом, практически во всех составах $GdMn_{1-x}Ti_xSi$ обнаружено увеличение ве-

личины плотности электронных состояний на уровне Ферми, что может свидетельствовать о существенном изменении транспортных свойств интерметаллидов. Вместе с ожидаемыми температурами Кюри порядка 300 К выявленные изменения магнитных характеристик и электронной структуры делают систему интерметаллидов $GdMn_{1-x}Ti_xSi$ перспективной для использования в приложениях микроэлектроники.

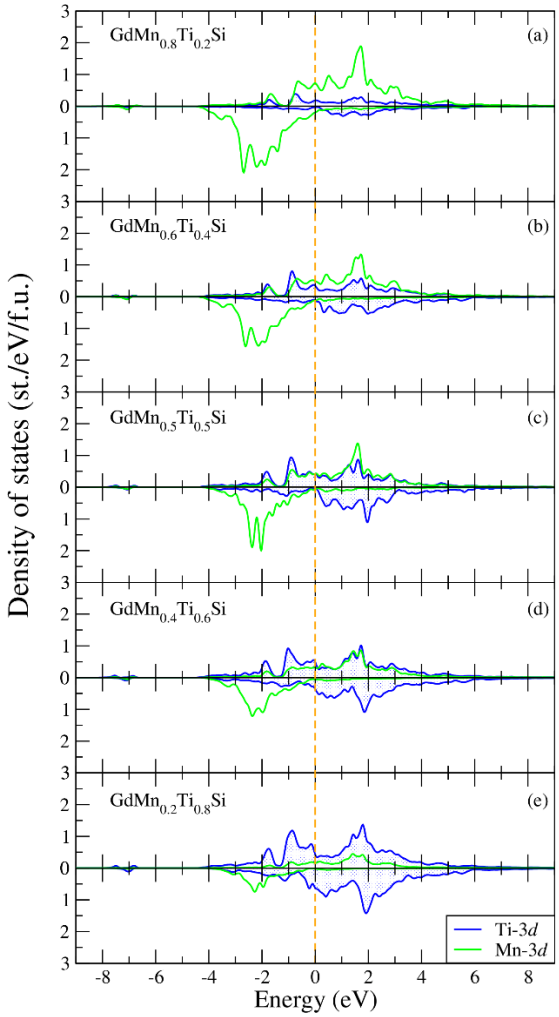


Рис. 1. Плотности 3d-электронных состояний Mn и Ti в соединениях: $GdMn_{0.8}Ti_{0.2}Si$ (a), $GdMn_{0.6}Ti_{0.4}Si$ (b), $GdMn_{0.5}Ti_{0.5}Si$ (c), $GdMn_{0.4}Ti_{0.6}Si$ (d), $GdMn_{0.2}Ti_{0.8}Si$ (e).

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского Научного Фонда (проект № 18-72-10098).

1. С. А. Никитин, Физика твердого тела 44, 297 (2002).
2. M. Napoletano, F. Canepa, P. Manfrinetti, F. Merlo, J. Mater. Chem. 10, 1663 (2000).
3. V. I. Anisimov, F. Aryasetiawan, A.I. Lichtenstein. J. Phys.: Condens. Matter 9, 767 (1997).
4. P. Giannozzi, S. Baroni, N. Bonini et al.. J. Phys.: Condens. Matter 21, 395502 (2009).

НЕОДНОРОДНОСТИ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АМОРФНОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ КОБАЛЬТА В ЗАКАЛЕННОМ СОСТОЯНИИ

Некрасов Е.С.[1], Скулкина Н.А.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет

E-mail: ntesla2016@yandex.ru

INHOMOGENEITY OF THE MAGNETIC CHARACTERISTICS OF AN AMORPHOUS COBALT-BASED ALLOY IN THE AS-QUENCHED STATE

Nekrasov E.S.[1], Skulkina N.A.[1]

[1)] Ural Federal University

The studies shown the presence of inhomogeneity in the magnetic characteristics of cobalt-based amorphous soft magnetic alloy AMAG-172 in the as-quenched state. The inhomogeneity of the characteristics can be associated with inhomogeneous cooling of the ribbon during the manufacture.

Ленты быстрозакаленного аморфного магнитомягкого сплава АМАГ-172 (Co-Ni-Fe-Cr-MnSi-B) находят широкое применение в различных областях науки и техники. В аморфных сплавах полученных методом быстрой закалки из расплава имеют место высокий уровень закалочных напряжений. Для улучшения магнитных свойств используются термообработки(ТО). Неоднородность внутренних напряжений в закаленном состоянии не позволяет получить после термообработки оптимальный уровень магнитных характеристик и их однородность, поскольку для релаксации разного уровня напряжений требуется различная длительность изотермической выдержки[1,2]. Таким образом, одним из возможных направлений оптимизации магнитных характеристик аморфных сплавов является повышение их однородности в закаленном состоянии. Поэтому в настоящей работе исследовали неоднородность магнитных характеристик сплава АМАГ-172 в закаленном состоянии. Исследования проводили на образцах в форме полос, вырезанных из промышленной ленты шириной 20 мм производства НИИМЭТ (Калуга), размерами 110x10x0,022 мм. Объем доменов с ортогональной намагниченностью (Vорт) определяли с помощью авторской методики [3,4]. На рисунке 1 представлены результаты исследований неоднородности магнитных характеристик ленты по её длине. Анализ изменения магнитных характеристик по длине ленты показывает, что наблюдаемая неоднородность магнитных характеристик носит не случайный, а закономерный характер. Также наблюдается корреляция периода изменений магнитных характеристик с размерами охлаждающего диска стандартных установок по производству ленты. В ходе исследований было обнаружено, что имеет место существенная неоднородность магнитных характеристик и по ширине ленты. На участках с минимальными значениями объема доменов с ортогональной намагниченностью была обнаружена бимодальная полевая

зависимость магнитной проницаемости. Бимодальный вид полевой зависимости магнитной проницаемости может быть связан с неоднородностью ленты по толщине, из-за различия уровня внутренних напряжений, обусловленного градиентом температуры в этом направлении при изготовлении ленты.

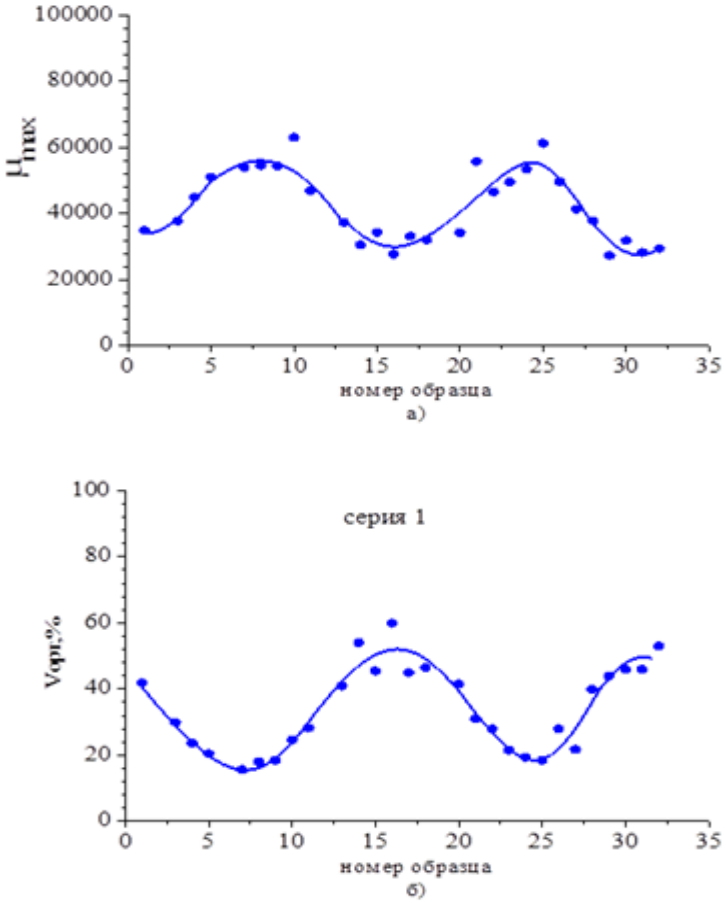


Рис. 1. Зависимость а) максимальной магнитной проницаемости и б) объема доменов с ортогональной намагниченностью образцов от порядкового номера образца (длина образца 110 мм).

1. Скулкина Н.А., Иванов О.А., Павлова И.О., Минина О.А. Длительность изотермической выдержки во время термообработки на воздухе и магнитные свойства лент аморфных магнитомягких сплавов на основе железа// ФММ., Т.112, №.6,С.613-619, (2011)

2. Скулкина Н.А., Иванов О.А., Шубина Л.Н., Блинова О.В. Распределение намагниченности в исходном состоянии ленты аморфного магнитомягкого сплава и эффективность термической обработки// ФММ., Т.117, №.11, С.1121-1129, (2016)

3. Н.А Скулкина, О.А. Иванов, А.К. Мазеева, П.А. Кузнецов, Е.А. Степанова, О.В.Блинова, Е.А.Михалицына, Н.Д.Денисов, В.И. Чекис, ФММ., 118, 1248(2017)

4. Н.А. Скулкина, О.А. Иванов, Е.А. Степанова, Изв. АН, сер. физ. 65, 1483 (2001)

ЭВОЛЮЦИЯ ПОЛИДИСПЕРСНОГО АНСАМБЛЯ ЭЛЛИПСОИДАЛЬНЫХ КРИСТАЛЛОВ В ПЕРЕСЫЩЕННОМ РАСТВОРЕ В СРАВНЕНИИ СО СФЕРИЧЕСКИМИ КРИСТАЛЛАМИ

Никишина М.А.[1], Александров Д.В.[1]

[1)] Кафедра теоретической и математической физики, Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

E-mail: margaritaniikishina98@gmail.com

EVOLUTION OF POLYDISPERSE ENSEMBLE OF ELLIPSOIDAL CRYSTALS IN SUPERSATURATED SOLUTION IN COMPARISON WITH SPHERICAL CRYSTALS

Nikishina M.A.[1], Alexandrov D.V.[1]

[1)] Department of Theoretical and Mathematical Physics, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

An analytical model of ellipsoidal crystal growth dynamics using the saddle point method for the Laplace-type integral is solved analytically in the case of Meirs kinetics. Comparative graphs of the behavior of the distribution function of spherical and ellipsoidal crystals are presented.

Форма растущих частиц является одним из важнейших факторов при моделировании роста кристаллов [1]. Зачастую используют модель со сферическими частицами, но как показывают различные эксперименты [2,3], большинство веществ состоят из кристаллов,имеющих форму,больше похожую на эллипсоид, чем на сферу. Опираясь на эти эксперименты, был сделан вывод, что для более точного предсказания роста комплекса частиц лучше использовать эллипсоидальную модель..

В данной работе представлена модель процесса развития полидисперсного ансамбля эллипсоидальных кристаллов, в случае Мейеровской кинетики [4], для пересыщенных растворов. Для построения аналитического решения используются модели, состоящей из граничных условий и системы интегро-дифференциальных уравнений, используется метод седловой точки для интегралов лапласовского типа. Для построения графиков и сравнения функции распределения ансамбля эллипсоидальных кристаллов с ансамблем сферических кристаллов были вычислены i-ые приближения для ремаштабируемой функции пересыщения ω. В процессе исследования было выявлено, что выделение тепла у эллипсоидальных кристаллов происходит в разы быстрее, чем у сферических, а также эллипсоидальные частицы растут заметно быстрее чем сферические.

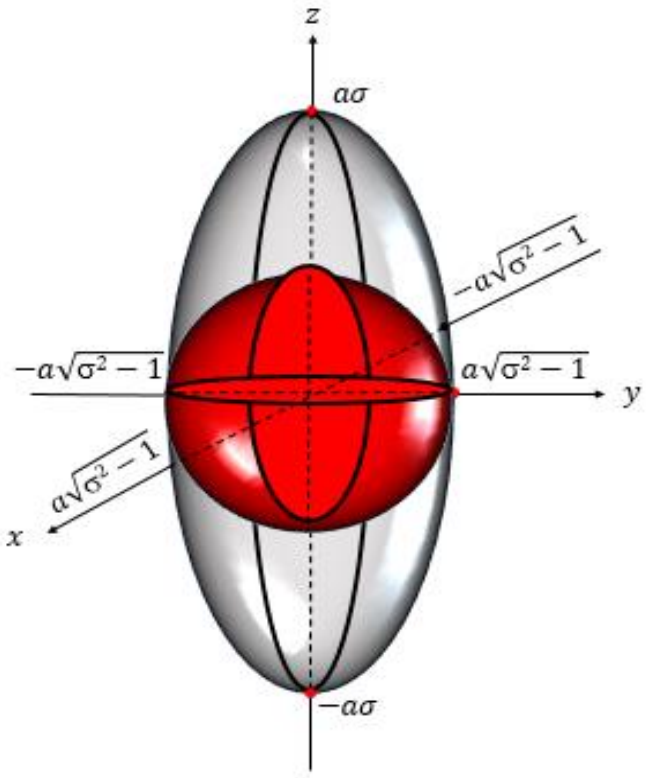


Рис. 1. Эллипсоидальная и сферическая частицы.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 18-19-00008).

1. Mullin JW. 1972 Crystallization. London, UK: Butterworths

2. Thieme K, Rüssel C. 2015 Nucleation and growth kinetics and phase analysis in zirconia-containing lithium disilicate glass. J. Mater. Sci. 50, 1488–1499.

3. Kertis F, Khurshid S, Okman O, Kysar JW, Govada L, Chayen N, Erlebacher J. 2012 Heterogeneous nucleation of protein crystals using nanoporous gold nucleants. J. Mater. Chem. 22, 21928.

4. Alexandrov DV, Nizovtseva IG. 2019 On the theory of crystal growth in metastable systems with biomedical applications: protein and insulin crystallization. Phil. Trans. R. Soc. A 377, 20180214.

SYNTHESIS AND STUDY OF HIGHLY INTERCALATED $Fe_XTi_2S_4$ COMPOUNDS

Nosovets V.S.[1], Sherokalova E.M.[1], Selezneva N.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

E-mail: vadim.nosovets@urfu.ru

Compounds $Fe_xTi_2S_4$ ($1 \leq x \leq 1.5$) were obtained and studied by means of X-ray diffraction, magnetization and magnetoresistance measurements. The results are discussed under the assumption that the mixing of Fe and Ti plays a significant role in changing the properties with increasing iron content.

Transition metal chalcogenides with metal deficiency and substitution $(M,M')_xCh$ (Ch = S, Se, Te) form a wide range of layered solid solutions ($0.5 \leq x < 1$) with vacancies in each second layer of cations (Fig. 1). The structure of $(M,M')_xCh$ is a derivative of NiAs structure type. Such compounds are very interesting due to the possibility of varying their chemical composition in wide ranges. Moreover, their magnetic properties are very sensitive to structural features [1].

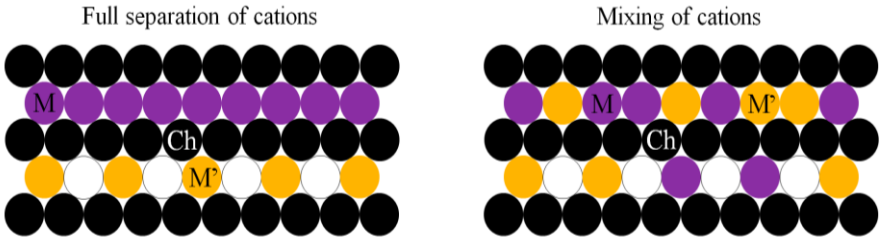


Fig. 1. Simplified representation of layered structure of $(M,M')_xCh$.

Polycrystalline compounds $Fe_xTi_2S_4$ (x = 1, 1.32, 1.5) were obtained by solid state reactions. The samples were examined by powder X-ray diffraction on a Bruker D8 ADVANCE. The resulting patterns were analyzed by using the FullProf program. The temperature and field dependences of magnetization were obtained by a SQUID magnetometer MPMS. The electrical resistivity and magnetoresistance were measured by a four-probe method in magnetic fields up to 12 T using the DMS-1000 system.

The compounds are single-phase and have the same structure but the behavior of magnetization and resistivity of samples with x = 1 and x > 1 is qualitatively different. The sample with x = 1 is antiferromagnetic and the resistivity decreases with cooling. Samples with x > 1 are ferrimagnetic and the resistivity increases with cooling below magnetic ordering temperature. This difference in the behavior of the electrical resistivity can be explained by the assumption, that in compounds with x > 1 there is mixing of the Fe and Ti cations (Fig. 1).

The work has been supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under project FEUZ-2020-0054.

1. N. V. Baranov et al., J. Phys.: Condens. Matter, Vol. 27, 286003 (2015)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ТВЕРДОГО РАСТВОРА В ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВАХ СИСТЕМЫ Co-Cr-Fe-Mn-Ni

Осинцев К.А.[1, 2], Коновалов С.В.[1, 2], Громов В.Е.[1], Чэнь С.[1, 2], Панченко И.А.[1]

[1)] Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия
[2)] Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, г. Самара, Россия

E-mail: kirilloss@yandex.ru

PREDICTION OF SOLID SOLUTION FORMATION IN Co-Cr-Fe-Mn-Ni SYSTEM HIGH-ENTROPY ALLOYS

Osintsev K.A.[1, 2], Konovalov S.V.[1, 2], Gromov V.E.[1], Chen X[1, 2], Panchenko I.A.[1]

[1)] Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia
[2)] Samara National Research University, Samara, Russia

In this paper, enthalpy of mixing, atomic radii differences and thermodynamic criteria Ω were used to predict solid solution formation of Co-Cr-Fe-Mn-Ni system high-entropy alloys in the range of atomic fraction, x from 0 to 5 for each of the elements.

Высокоэнтропийные сплавы (ВЭС) представляют собой новый класс металлических сплавов, обычно состоящий из пяти и более основных элементов, находящихся в соотношении от 5 до 35 ат. % [1]. По сравнению с системами сплавов с одним основным элементом, увеличение прочности и твердости в ВЭС объясняется более высокой степенью дефектов решетки, вызванных твердорастворным упрочнением. Ранее было установлено, что образование твердого раствора ожидается при удовлетворении следующих условий: $-20 \leq \Delta H_{смеш} \leq 5$ кДж/моль, $1 < \Omega < 6.6$, $1 < \delta_r < 6{,}6\%$, где $\Delta H_{с}$меш – энтальпия смешения, Ω – термодинамический параметр, предложенный в работе [2] и учитывающий вклад энтропии смешения в образование твердого раствора, и δr – разность в атомных радиусах компонентов [3]. Одним из первых высокоэнтропийных сплавов, имеющих структуру твердого раствора является эквиатомный сплав системы CoCrFeMnNi [4]. В последующих работах были изучены сплавы данный системы, имеющие не эквиатомное соотношение элементов, полной информации, включающей в себя сведения о влиянии атомной доли каждого из компонентов на образование твердого раствора, до настоящего времени получено не было. В связи с этим, в данной работе было проведено теоретическое исследование образования твердого раствора в сплавах системы Co-Cr-Fe-Mn-Ni в диапазоне x от 0 до 5.

На рис. 1 представлены зависимости энтальпии смешения, ΔHсмеш, термодинамического параметра, Ω и разности в атомных радиусах, δ_r от атомной доли компонентов, x высокоэнтропийных сплавов системы Co-Cr-Fe-Mn-Ni. Исходя из представленных результатов можно сделать вывод, что твердый раствор может быть образован в сплавах $Co_xCrFeMnNi$, $CoCr_xFeMnNi$ во всем рассматриваемом диапазоне x, $CoCrFe_xMnNi$ при $0 \leq x < 1{,}6$, $CoCrFeMn_xNi$ при $x>0{,}05$, $CoCrFeMnNi_x$ при $x>0{,}6$. Таким образом, результаты проведенного исследования

показывают, что диапазон атомных долей компонентов, при которых сплавы системы Co-Cr-Fe-Mn-Ni могут образовывать твердый раствор, может быть существенно расширен. Это, в свою очередь демонстрирует, что высокоэнтропийные сплавы не эквиатомного состава, также могут обладать повышенной прочностью и твердостью, благодаря твердорастворному упрочнению.

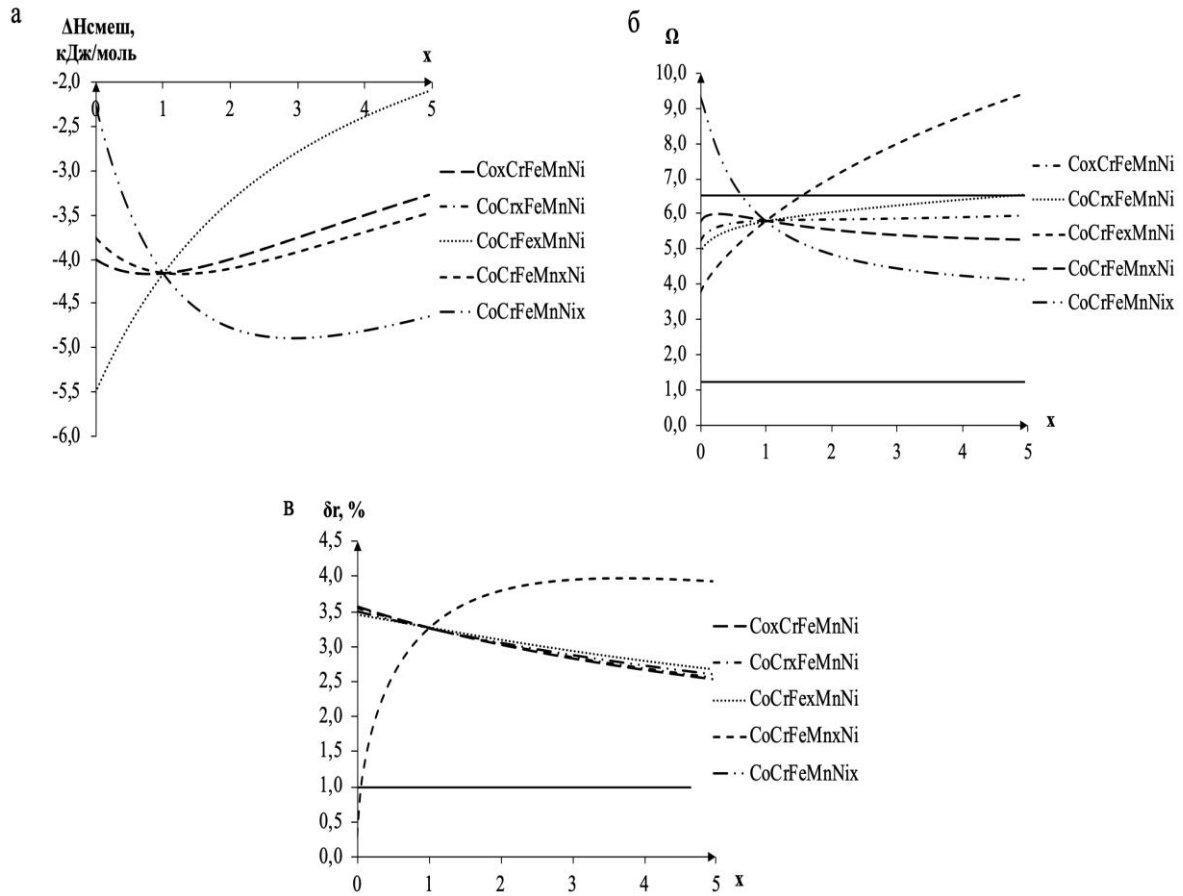


Рис. 1. Зависимости энтальпии смешения, $\Delta H_{смеш}$ (а), термодинамического параметра, Ω (б) и разности в атомных радиусах, δr (в) от атомной доли компонентов, x высокоэнтропийных сплавов системы Co-Cr-Fe-Mn-Ni

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 20-19-00452).

1. D. B. Miracle and O. N. Senkov, Acta Mater. 122, 448–511 (2017).
2. X. Yang and Y. Zhang, Mater. Chem. Phys. 132, 233–238 (2012).
3. Y. Zhang, Y. J. Zhou, J. P. Lin, G. L. Chen and P. K. Liaw, Adv. Eng. Mater. 10, 534–538 (2008).
4. B. Cantor, I. T. H. Chang, P. Knight and A. J. B. Vincent, Mater. Sci. Eng. A 375–377 213–218 (2004).

ОТНОШЕНИЕ ПАДАЮЩЕЙ И ПОГЛОЩЁННОЙ МОЩНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОВОДИМОСТИ СЛОЁВ

Фитаев И.Ш.[1], Падалинский М.М.[1], Дмитриев А.И.[1]

[1)] Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь, Россия
E-mail: miha-padalinskiy2010@mail.ru

INCIDENT AND REFLECTED POWER RATIO IN DEPENDENCE OF LAYERS' CONDUCTIVITY

Fitaev I.[1], Padalinskiy M.[1], Dmitriev A.[1]

[1)] Crimean Federal University Simferopol, Russia

In this work we have researched the passage of an electromagnetic wave through the film structure and the processes occurring in this case. Particularly the dependence of the ratio of the incident and absorbed power from the conductivity of the layers.

В настоящее время нас окружает достаточно много источников электромагнитного поля, что само собой негативно влияет на электронную аппаратуру, вплоть до вывода из строя. Поэтому наша задача – защитить электронику от различных воздействий, как природных, так и преднамеренных [1].

Исходя из выше обозначенного, мы исследовали процессы, происходящие при прохождении электромагнитной (ЭМ) волны через подложки, дорожки, контактные площадки путем имитации посредством плоскопараллельной бесконечной пластины, Рис. 1, а именно зависимость отношения падающей и поглощённой мощности от проводимости слоёв.

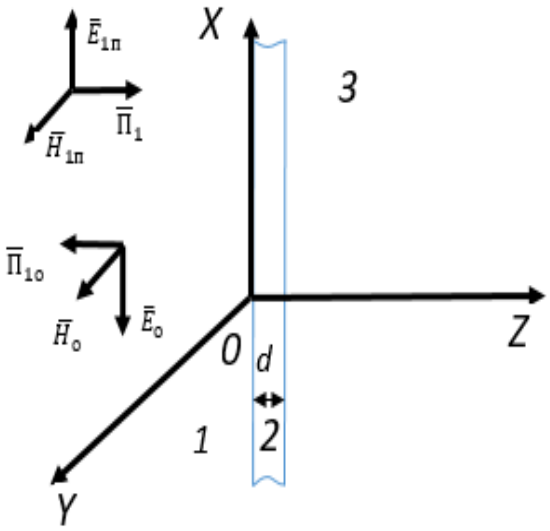


Рис. 1. Нормальное падение плоской волны на проводящую область

Будем считать, что ЭМ плоская волна падает из области 1 нормально на проводящую область 2, причем, области 1 и 3 - свободное пространство с волновым

сопротивлением Z_0=377 Ом. Область 2 меняет свои свойства от диэлектрика с удельной проводимостью σ→ 0 при d→ 0 до проводника с проводимостью 10^5….10^6 при сформировавшейся проводящей пленке, которая практически «закорачивает» пространство. Рассматривается установившийся процесс с частотой ω, т.е. $\bar{E}$· и $\bar{H}$· ~ e^iωt. Поэтому выражаем вектор плотности мощности (вектор Умова-Пойнтинга [2]): $\bar{П}$ →П = $\bar{E}$·x$\bar{H}$·y . И далее, используя закон сохранения мощностей, $П_1П – П_1О – П_3 = П_2$, где $П_1П$ - поток мощности падающей волны, $П_1О$ - поток мощности отраженной волны, $П_3$ - поток мощности прошедшей волны, $П_2$ – мощность потерь во второй среде, приходим к рабочей формуле: A = $П_2/П_1п$ =(σ*d*⟦E_2⟧^2)/$П_1п$ =(σ*d*⟦E_2⟧^2*Z_0)/⟦$E_1п$⟧^2 =($E_2/E_1п$)^2*Z_0/R_2 , где A - оптический коэффициент поглощения. $\bar{H}$

Расчеты показали, что при удельной проводимости σ = 0, как и при толщине пленки d = 0, значение R2 стремится к бесконечности, это соответствует диэлектрику в среде 2. В этом случае оптический коэффициент A равен нулю. Падающая волна распределяется между отраженной и прошедшей, соответственно, поглощения не будет.

В том случае, когда пленка сплошная σ = 10^5…5·10^7 Ом/м, а толщина пленки 3…10 нм сопротивление пленки единичной площади может принимать значения в 5…100 Ом, т.е. может быть значительно меньше волнового сопротивления свободного пространства Z_0. Но при σ = 10^5 См/м значения $E_2/E_1П > 0,5$ и даже $E_2/E_1П > 1$, что с точки зрения физики невозможно. Значения $0 \leq E2/E1П \leq 0,5$ реализуются только при значениях удельной проводимости σ ≥ 10^6 См/м. Соответственно, чем больше проводимость, тем меньше данное соотношение.

Эксперимент с пленкой алюминия показал, что максимальное поглощение возникает при σ примерно равной 10^6 См/м, что коррелируется с выше описанными данными, так как $E_2/E_1П$ ~ A [3].

Данное свойство в дальнейшем будет использоваться при расчетах и изготовлении тонких пленок, которые применяются в качестве экрана для электронных устройств.

1. Киррилов В.Ю., Томилин М.М. Воздействие преднамеренных электромагнитных помех на бортовые кабели космических аппаратов // Труды МАИ, Москва, 2013, [Журнал]. №66, стр. 21-22.

2. Малыгин В.М. Теорема Умова-Пойнтинга и вектор плотности потока электромагнитной энергии: разные условия, разные решения // Пространство и время, Москва, 2015, [Журнал]. №3(21), стр. 103-109.

3. Мазинов А.С. Физические и электродинамические свойства наноразмерных проводящих пленок на полимерных подложках // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии, Москва, 2020, [Журнал]. №2(12), стр. 247-252.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ Al-Mg СПЛАВА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО ПЕРЕНОСА МЕТАЛЛА

Гэн Я.[1, 2, 3], Панченко И.А.[1], Коновалов С.В.[1, 2], Чэнь С.[2, 3], Иванов Ю.Ф.[4], Тимофеева Я.А.[2]

[1)] Сибирский государственный индустриальный университет
[2)] Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева
[3)] Университет Вэньчжоу
[4)] Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук
E-mail: ksv@ssau.ru

INFLUENCE OF ELECTRON-BEAM PROCESSING ON CHANGES IN THE STRUCTURE OF Al-Mg ALLOY OBTAINED BY COLD METAL TRANSFER

Geng Yanfei[1, 2, 3], Panchenko Irina[1], Konovalov Sergey[1, 2], Chen Xizhang[2, 3], Ivanov Yurii[4], Timofeeva Yana[2]

[1)] Siberian State Industrial University
[2)] Samara National Research University
[3)] Wenzhou University
[4)] Institute of High-Current Electronics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Investigations of the structure Al-Mg alloy samples produced by 3D technologies have been carried out. Tests up to failure were carried. Deformation of samples irradiated with a pulsed electron beam is accompanied by brittle destruction of the modified surface layer.

Методом 3D технологий получена объемная заготовка Al-Mg сплава. Осуществлены механические испытания Al-Mg сплава путем одноосного растяжения плоских пропорциональных образцов, изготовленных из объемной заготовки электроискровым методом. Образцы для испытаний вырезали из объемной заготовки вдоль наплавленных слоев и разделили на две партии. Образцы первой партии были облучены импульсным электронным пучком в режиме плавления тонкого поверхностного слоя. Образцы второй партии облучению не подвергались. Установлено, что облучение электронным пучком приводит к плавлению и высокоскоростной кристаллизации поверхностного слоя толщиной до 45 мкм. Выявлен прерывистый характер протекания деформации образцов обеих партий, что проявляется в формировании зубцов на деформационных кривых. Высказано предположение, что данное явление может быть связано с наличием в исследуемом материале примесных атомов, затрудняющих процесс пластического течения материала. Показано, что механические свойства образцов в исходном состоянии и после облучения электронным пучком имеют близкие значения. Установ-

лено, что образцы Al-Mg сплава, обработанные импульсным электронным пучком, при деформации растяжением демонстрируют более высокую повторяемость свойств, по сравнению с образцами исходного сплава. Показано, что разрушение обеих партий образцов Al-Mg сплава, полученного методами аддитивной технологии, протекает по механизму вязкого разрушения. Установлено, что деформация образцов, облученных импульсным электронным пучком, сопровождается хрупким разрушение модифицированного поверхностного слоя.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 20-79-00194).

ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОКСИДА ИТТРИЯ ЛЕГИРОВАННОГО ЛИТИЕМ

Панков В.А.[1], Чуркин В.Ю.[1], Марков А.А.[2], Звонарев С.В.[1]

[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: pankovvitaliy1997@gmail.com

STUDY OF OPTICAL PROPERTIES OF YTTRIUM OXIDE DOPED BY LITHIUM

Pankov V.A.[1], Churkin V.Y.[1], Markov A.A.[2], Zvonarev S.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Solid State Chemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia

Annotation. Samples of yttrium oxide doped by lithium were synthesized in air at temperatures of 1200-1600°C. The spectra of thermoluminescence and cathodoluminescence were measured.

Свойства оксида иттрия активно изучаются в настоящее время вследствие его высокой интенсивности люминесценции, а также химической и термической стабильности. Авторы статьи [1] рассматривают создание многослойных композитных систем оксида иттрия и органических соединений, которые находят применение в биовизуализации, люминесцентных солнечных концентраторах и светодиодном освещении. Другие авторы сообщают об использовании оксида иттрия в магнитно-резонансной томографии, солнечных элементах, компактных лазерных устройствах, дисплеях, детекторах инфракрасного излучения, биометках, а также датчиках температуры [2].

Допирование литием оксида Y_2O_3 приводит к формированию новых дефектов и центров люминесценции, что позволит расширить области его применения. В

данной работе проведено изучение термолюминесценции (ТЛ) и импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) керамических образцов оксида иттрия, допированных ионами лития.

Синтез исследуемых образцов проводили при следующих параметрах: масса чистого (99,99%) порошка Y_2O_3 – 100 мг, давление прессования – 125 МПа, предварительный отжиг 450 °С в течении 0,5 часа, пропитка полученных компактов в водном растворе нитрата лития ($Li(NO_3)•3H_2O$) с концентрацией 1 и 5 масс. %. Спекание пропитанных образцов выполнили в высокотемпературной печи Linn High Therm HT-1800-M в атмосфере воздуха при температурах 1200 - 1600 °С в течение одного часа. Исследование люминесцентных свойств проводили на опытной установке дозиметрической системы «Грей» и спектрометре «Клави».

На спектрах ИКЛ чистый оксид иттрия имеет несколько узких полос свечения с максимумами при 485, 540, 570, 580, 605 нм, а так же плато в диапазоне 350-470 нм. Повышение температуры отжига до 1400 °С увеличило интенсивность пиков. Дальнейшее увеличение температуры спекания до 1600 °С приводит к снижению интенсивности свечения всех полос люминесценции. При этом, полосы эмиссии 485, 540, 550, 580 нм для образцов, спеченных при данной температуре, практически не регистрируются. Предположительно данный эффект связан со снижением концентрации центров, ответственных за свечение в указанных областях длин волн. Легирование оксида литием значительно увеличивает люминесценцию указанных выше полос после отжига исследуемой керамики при температуре 1200 °С.

На кривых ТЛ недопированного оксида иттрия зарегистрированы максимумы при 350 и 425 К. Увеличение температуры спекания приводит к увеличению свечения примерно в 100 раз. Также при температуре спекания 1600 °С появляется новый максимум при 480 К, который не наблюдался при других температурах. Допирование оксида иттрия литием способствует увеличению интенсивности свечения при 1200–1400 °С. Увеличение температуры спекания образцов до 1600 °С снижает интенсивность свечения за счет концентрационного тушения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-72-10082).

1. A.L. Costa, Journal of Alloys and Compounds. 843, 155811 (2020).
2. N.A. Oliveira, Materials Chemistry and Physics, 257, 123840 (2021).

FERROELECTRIC DOMAIN PATTERNING BY FOCUSED ION BEAM IRRADIATION OF [100]-CUT [001]-POLED PMN-PT SINGLE CRYSTALS

Pashnina E.A.[1], Chezganov D.S.[1], Nuraeva A.S.[1], Shur V.Ya.[1]

[1)] School of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

E-mail: elena.pashnina@urfu.ru

The formation of domain structure via charge injection controlled by focused ion beam irradiation by means of a lithographic system in PMN-PT single crystals with a surface artificial dielectric layer has been studied experimentally. The results explained in terms of the kinetic approach.

The $Pb(Mn_1/3Nb_2/3)O_3$-$PbTiO_3$-$PbTiO_3$ (PMN-PT) ferroelectric single crystal is an attractive material for nonlinear optical application due to the highly-estimated nonlinear-optical coefficients. This requires methods of precise control of domain wall positions for the creation of precise periodical-poled domain structures [1]. The use of [100]-cuts allows to the realization of the waveguide devices for integrated optical application due to domain formation close to the surface only. Recently it was demonstrated that the irradiation by focused ion beam (i-beam) controlled by the lithographic system is a promising method for short-pitch domain poling [2,3].

The irradiated surface of [100]-cut [100]-poled tetragonal PMN-PT single crystals were covered by 0.5-μm-thick AZ nLOF 1505 (Microchemicals GmbH, Germany) photoresist layer. The opposite surface was deposited by a 100-nm-thick solid Cu electrode grounded during irradiation. The i-beam irradiation was performed by a dual-beam Auriga Crossbeam workstation (Carl Zeiss, Germany) equipped with an i-beam lithography system Elphy Multibeam (Raith GmbH). Piezoresponse force microscopy (PFM) was used for domain structure imaging by scanning probe microscope MFP-3D (Asylum Research, USA).

We used isolated (with a period of 100 μm) and square array (with a period of 20 μm) dot irradiation with an increase of irradiated charge (dose) in the range from 10 to 150 pC at the accelerating voltage of 30 kV and i-beam current of 120 pA.

We have shown that the use of the resist layer allows significantly improves domain growth homogeneity in domain arrays and reduces dose due to high charge localization in the resist layer. The i-beam irradiation resulted in the growth of the wedge-like domains in [001]-polar direction (Figure 1(a)). A similar domain growth was recently observed at the focused-beam irradiated lithium niobate non-polar cuts [4]. The distinctive feature of PMN-PT was the formation of the circular domain around irradiated dot with the size of 1.7 μm^2 having a more pronounced double-contrast on the PFM image. The light contrast was attributed to charge injection while dark contrast possibly due to higher domain depth in comparison with wedge-like domain part. The increase of the dose up to 100 pC led to a linear increase of wedge-like domain length (Figure 1(b)). The higher doses resulted in the saturation of the dependence caused by domain interaction.

Based on the kinetic approach, the model was proposed for the formation and growth of domains created as a result of irradiation with an ion beam [5]. The driving force of domain growth is the excess over the threshold of the polar component of the electric field created by the space charge arising in the irradiated region.

The results obtained are of considerable interest for the development of methods for creating nanodomain periodic structures to create non-linear optical frequency converters with small periods.

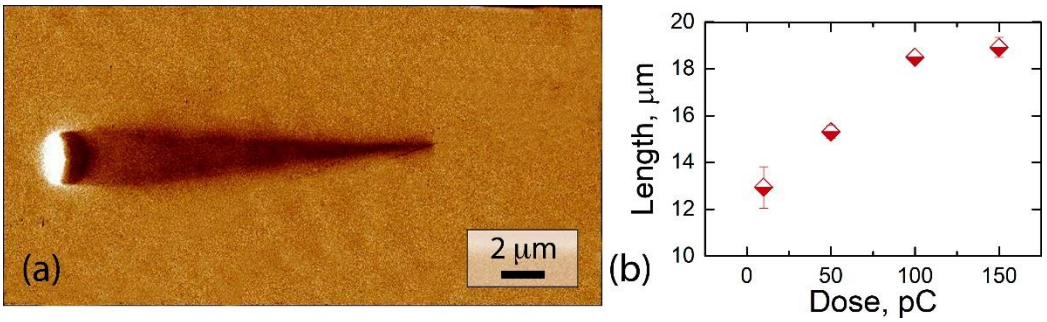


Fig. 1. (a) PFM image of domain created by ion beam, (b) dose dependence of domain length in square array.

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. V.Ya. Shur, A.R. Akhmatkhanov, and I.S. Baturin, Appl. Phys. Rev. 2, 040604 (2015).
2. D.S. Chezganov, V.Ya. Shur, et al., Appl. Phys. Lett. 110, 082903 (2017).
3. V.Ya. Shur, D.S. Chezganov, et al., Appl. Phys. Lett. 106, 232902 (2015).
4. D.S. Chezganov, E.O. Vlasov, et al., Ferroelectrics, 559, 66 (2020).
5. V.Ya. Shur. Journal of Materials Science, 199, 41 (1) (2006).

СПЕКТРАЛЬНО-РАЗРЕШЁННАЯ ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ НАНОТУБУЛЯРНОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ПОСЛЕ УФ ОБЛУЧЕНИЯ

Петренёв И.А.[1], Старовойтова С.А.[1], Вохминцев А.С.[1],
Камалов Р.В.[1], Вайнштейн И.А.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: i.a.petrenev@urfu.ru

SPECTRALLY RESOLVED THERMOSTIMULATED LUMINESCENCE OF NANOTUBULAR ZIRCONIA AFTER UV IRRADIATION

Petrenyov I.A.[1], Starovoytova S.A.[1], Vokhmintsev A.S.[1],
Kamalov R.V.[1], Weinstein I.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

Zirconia nanotubular layer was synthesized with potentiostatic anodization. Thermally stimulated luminescence measurements were carried out within the (300…700) K range after 300 nm UV irradiation. Estimation of kinetic parameters was performed. Oxygen vacancies formation was discussed.

Известно, что резистивное переключение в мемристорных сэндвич-структурах $Zr/ZrO_2/Au$ на основе нанотубулярного диоксида циркония происходит при образовании и разрушении проводящих каналов (филаментов), состоящих из кислородных вакансий [1, 2]. Анионные центры F-типа в различном зарядовом состоянии формируют систему ловушек носителей заряда в запрещённой зоне материала и обеспечивают его проводящие свойства. Эффективным инструментом для определения энергетических и кинетических характеристик центров захвата в твёрдых телах является спектрально-разрешённая термостимулированная люминесценция (ТСЛ). В данной работе проанализированы ТСЛ процессы в выделенных спектральных полосах в нанотубулярном ZrO_2, подвергнутом воздействию УФ излучения.

Слой нанотрубок диоксида циркония был получен методом анодного окисления металлического циркония [3]. Термостимулированная люминесценция синтезированных оксидных слоёв исследовалась после облучения образцов монохроматическим УФ излучением с длиной волны 300 нм в течение 10 мин при комнатной температуре. ТСЛ кривые регистрировались в диапазоне температур 300-700 К при скорости нагрева 2 К/с. Свечение ТСЛ измерялось в диапазоне длин волн от 390 до 550 нм с шагом 20 нм при щели регистрирующего монохроматора 20 нм.

Установлено, что все измеренные ТСЛ кривые имеют один пик с максимумом при температуре ≈ 343 К, наибольшая интенсивность свечения для которого наблюдается в полосе 490 нм. В области 370-550 К регистрируется менее интенсивное плечо. В рамках кинетических процессов общего порядка выполнена аппроксимация экспериментальных ТСЛ кривых суперпозицией четырех независимых компонент. Определены энергетические и кинетические характеристики для доминирующего ТСЛ пика: энергия активации 0.73 ± 0.01 эВ, эффективный частотный фактор $(8 \pm 3) \cdot 10^9$ c^{-1} и порядок кинетики 2.0 ± 0.5. Показано, что зависимость светосуммы ТСЛ от энергии свечения может быть описана полосой гауссовой формы с максимумом 2.6 эВ (≈ 475 нм) и полушириной 0.45 эВ.

Полученные экспериментальные данные удовлетворительно согласуются с независимыми исследованиями ТСЛ в УФ- и бета-облученных порошках ZrO_2 с моноклинной структурой. Можно сделать вывод, что в синтезированных нанотрубках ZrO_2 формируются кислородные вакансии, которые принимают участие в регистрируемых ТСЛ процессах.

Исследование выполнено в рамках инициативного научного проекта FEUZ-2020-0059 Минобрнауки РФ

1. A.S. Vokhmintsev, R.V. Kamalov, A.V. Kozhevina, I.A. Petrenyov, N.A. Martemyanov and I.A. Weinstein, Proc. USBEREIT 2018, 348-351 (2018).

2. I.A. Petrenyov, A.S. Vokhmintsev, R.V. Kamalov and I.A. Weinstein, AIP Conf. Proc. 2174, 020242 (2019).

3. I.A. Petrenyov, R.V. Kamalov, A.S. Vokhmintsev, N.A. Martemyanov and I.A. Weinstein, J. Phys. Conf. Ser. 1124, 022004 (2018).

МЕХАНИЗМ ДИФФУЗИИ СОБСТВЕННЫХ ИОНОВ В ОБЪЁМЕ НАНОКРИСТАЛЛОВ UN И UC. МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Пицхелаури С.С.[1], Сеитов Д.Д.[1], Некрасов К.А.[1, 2], Купряжкин А.Я.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: lauri2011@mail.ru

THE MECHANISM OF INTRINSIC ION DIFFUSION IN UN AND UC NANOCRYSTALS BULK. A MOLECULAR DYNAMIC SIMULATION

Pitskhelaury S.S.[1], Seitov D.D.[1], Nekrasov K.A.[1, 2], Kupryazhkin A.Ya.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of High-Temperature Electrochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

A molecular dynamics simulation of the diffusion of intrinsic ions in the bulk of UN and UC nanocrystals was carried out in the approximation of pair interactions. Both uranium cations and carbon and nitrogen anions moved through the vacancies that entered the bulk of the crystal from the surface.

Методом молекулярной динамики в приближении парных взаимодействий изучен механизм диффузии собственных анионов и катионов в объёме нанокристаллов UN и UC, характеризовавшихся наличием свободной поверхности. Кристаллиты, состоявшие из 10648 частиц, создавали в форме куба, ограниченного кристаллографическими плоскостями (100), (010) и (001). Парные потенциалы взаимодействия восстанавливали, используя методику, предложенную в работе [1]. Эффективные заряды катионов урана и анионов C, N принимали равными +2.207e и -2.207e, соответственно. Валентное взаимодействие считали ненулевым только для ближайших соседей. Необходимый потенциалы представляли в форме

U[U-N] = 6604.6*exp{-3.628*R}, U[U-C] = 1855.3*exp{-2.993*R}.

Указанные потенциалы позволили количественно воспроизвести экспериментальные зависимости постоянной решётки кристаллов от температуры. Как анионы N, C, так и катионы U в модельных кристаллах диффундировали по вакансионному механизму, перемещаясь навстречу вакансиям, поступавшим в объём нанокристалла с поверхности. Характерная траектория перемещения вакансии через катионную подрешётку показана на Рис. 1.

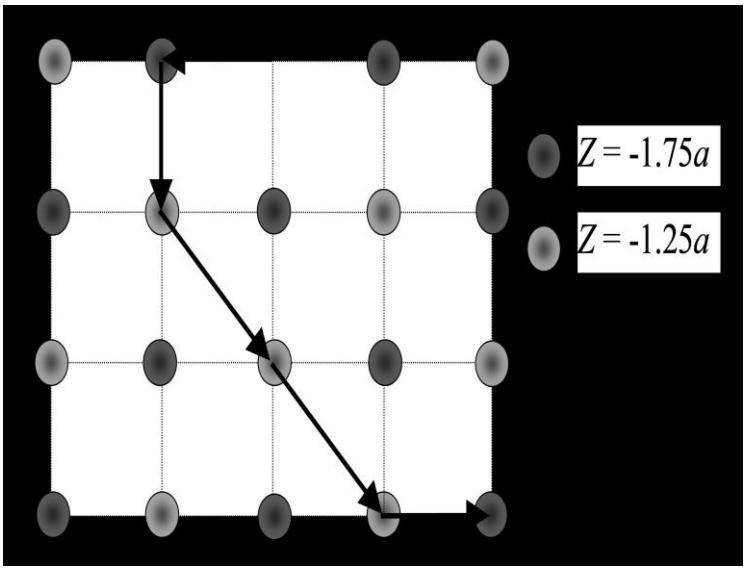


Рис. 1. Траектория движения катионной вакансии через объём кристалла UN. Показана катионная подрешётка, в проекции на систему плоскостей (001).

В отличие от нанокристаллов UO_2, изученных ранее [2-3], в модельных кристаллах UN и UC отсутствовал суперионный переход. Перед плавлением кристалла UN, коэффициент диффузии азота был выше, чем коэффициент диффузии урана, всего в 2.0 раза. Аналогично, для кристалла UC соотношение коэффициентов диффузии углерода и урана составило 3.4 раза. Такое поведение кристаллов UN и UC может быть обусловлено отсутствием просторных междоузельных позиций, присутствующих в кристаллической решётке диоксида урана.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской федерации, проект № FEUZ-2020-0060, акт 211 Правительства Российской федерации (контракт № 02.A03.21.0006).

1. S.S. Piskhelaury, D.S. Borisenko, E.N. Knyazeva, K.A. Nekrasov, AIP Conference Proceedings 2174, 020049 (2019).

2. S.I. Potashnikov, A.S. Boyarchenkov, K.A. Nekrasov, A.Ya. Kupryazhkin, J. Nucl. Mater. 419, 217–225 (2011).

3. A.S. Boyarchenkov, S.I. Potashnikov, K.A. Nekrasov, A.Ya. Kupryazhkin, J. Nucl. Mater. 442, 148–161 (2013).

СТРУКТУРНЫЕ И МАГНИТНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В СИСТЕМЕ $GdFeAl_{1-x}Si_x$

Платонов С.П.[1], Кучин А.Г.[1], Гавико В.С.[1, 2], Яковлева М.Ю.[1]

[1)] Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: platonov@imp.uran.ru

STRUCTURAL AND MAGNETIC PHASE TRANSITIONS IN THE $GdFeAl_{1-x}Si_x$ SYSTEM

Platonov S.P.[1], Kuchin A.G.[1], Gaviko V.S.[1, 2], Yakovleva M.Yu.[1]

[1)] Institute of Metal Physics UD RAS, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

$GdFeAl_{1-x}Si_x$ crystallizes into the phases: hexagonal of the $MgZn_2$ (P63/mmc) type (x=0-0.8), tetragonal of the CeFeSi (P4/nmm) type (x=0.3-1) and cubic of the $MgCu_2$ (Fd3m) type (x=0-0.7). Curie point increases for the hexagonal and cubic and decreases for the tetragonal phases, moment Fe vanishes.

Новые интерметаллические соединения $GdFeAl_{1-x}Si_x$, x=0–1 кристаллизуются в гексагональную фазу типа $MgZn_2$ (P63/mmc) (x=0-0.8), тетрагональную типа CeFeSi (P4/nmm) (x=0.3-1) и кубическую типа $MgCu_2$ (Fd3m) (x=0-0.7). Параметры решеток для всех трех фаз уменьшаются с ростом содержания Si. Установлено увеличение намагниченности насыщения $M_{нас.}$ в системе $GdFeAl_{1-x}Si_x$, x=0-1 по мере увеличения содержания Si, как это показано на Рис. 1. Известно, что железо магнитно в кубической и гексагональной фазах состава x=0 и немагнитно в тетрагональной фазе сплава с x=1. Возможно, магнитный момент у ионов Fe существует во всех фазах промежуточного состава и уменьшается до нуля, по мере заполнения 3d зоны Fe внешними электронами Si. Так можно объяснить рост $M_{нас.}(x)$ на Рис. 1, поскольку магнитный момент иона Fe ориентирован противоположно моменту иона Gd, величина которого неизменна в любой фазе. Как показано на Рис. 1, температура Кюри $T_C(x)$, по мере роста x, увеличивается для гексагональной и кубической фаз в интервалах 269-287 К и 197-232 К, соответственно, и уменьшается для тетрагональной фазы от 141 до 130 К. Корреляция между $T_C(x)$ и параметрами решеток a(x), c(x) для тетрагональной фазы (взаимно пропорциональны) противоположна случаю гексагональной и кубической фаз (обратно пропорциональны). T_C ферримагнитных гексагональной и кубической фаз могут расти с ростом x в случае уменьшения момента Fe в этих фазах и, следовательно, уменьшения энергии отрицательных обменных взаимодействий между ионами Fe и Gd. Для тетрагональной фазы подобные рассуждения не срабатывают (для нее T_C спадает, и момент Fe не увеличивается с ростом x), возможно, из-за иной электронной структуры вблизи уровня Ферми.

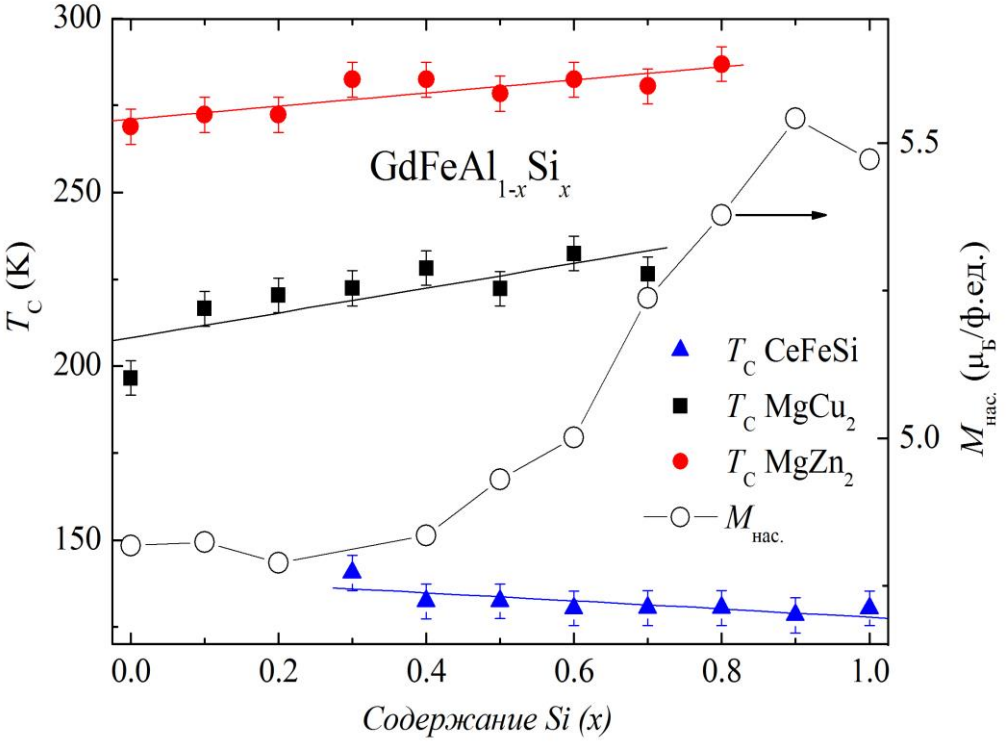


Рис. 1. Концентрационные зависимости температуры Кюри TC(x) для гексагональной типа $MgZn_2$ (P63/mmc) (●), тетрагональной типа CeFeSi (P4/nmm) (▲) и кубической типа $MgCu_2$ (Fd3m) (■) фаз и намагниченности насыщения $M_{нас}$ при T = 90 K соединений $GdFeAl_{1-x}Si_x$.

Изучено изотермическое изменение магнитной энтропии $-\Delta S_M(T)$ (магнитокалорический эффект МКЭ) и оценено возможное максимальное значение МКЭ для каждой фазы. Установлено, что перспективными для создания однофазного сплава с высоким МКЭ при комнатной T можно считать кубическую фазу состава x=0 с МКЭ 2.3 Дж/кгК (в поле 17 кЭ) и T_C=197 К и гексагональную фазу составов x=0-0.8 с МКЭ 1-2.6 Дж/кгК и T_C = 269-287 К. Возможность выбором режима отжига стабилизировать гексагональную или кубическую фазу в сплаве GdFeAl показана в работе [1].

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ № 18-72-10098.

1. M. Klimczak, E. Talik, J. Jarosz, T. Mydlarz, Materials Science-Poland 26, 953 (2008).

РЕЗОНАНСНАЯ ФОТОЭМИССИЯ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ RMn_2Si_2

Пономарева Е.А.[1], Ярмошенко Ю.М.[1], Гребенников В.И.[1], Радзивончик Д.И.[1], Лукоянов А.В.[1, 2], Герасимов Е.Г.[1], Гавико В.С.[1], Мушников Н.В.[1, 2], Кузнецова Т.В.[1, 2]

[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

E-mail: ponomareva@imp.uran.ru

RESONANT PHOTOEMISSION OF INTERMETALLIC COMPOUNDS RMn_2Si_2

Ponomareva E.A.[1], Yarmoshenko Y.M.[1], Grebennikov V.I.[1], Radzivonchik D.I.[1], Lukoyanov A.V.[1, 2], Gerasimov E.G.[1], Gaviko V.S.[1], Mushnikov N.V.[1, 2], Kuznetsova T.V.[1, 2]

[1)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The compounds RMn_2Si_2 (R = La, Sm, Tb) with tetragonal $ThCr_2Si_2$ – type structure were studied. Experiments on resonant photoemission were performed and the partial densities of La 5d, 4f, Sm 4f, Tb 4f, and Mn 3d states, which form a valence band in the RMn_2Si_2, were found.

Исследования интерметаллидов становятся все более привлекательными благодаря их структурным и магнитным свойствам и возможности разработки новых функциональных материалов на их основе. Соединения с тетрагональной решеткой типа $ThCr_2Si_2$ относятся к семейству интерметаллидов с естественной слоистой кристаллической структурой.

Целью данной работы является исследование электронной структуры соединений RMn_2Si_2 (R = La, Sm, Tb), где R – редкоземельный элемент, методом рентгеновской резонансной фотоэмиссии. Интерметаллиды получены индукционным сплавлением исходных компонент в среде аргона с последующим гомогенизирующим отжигом в вакууме при температуре T = 1173 K в течение 1 недели. Рентгеноструктурный анализ соединений проводили в монохроматизированном Cr-Kα излучении, используя дифрактометр ДРОН УМ1. Согласно данным рентгеноструктурного анализа, присутствие в соединении интерметаллических фаз со структурой, отличной от тетрагональной кристаллической решетки типа $ThCr_2Si_2$ не превышало 3%.

Рентгеновские резонансные фотоэмиссионные спектры были получены на синхротроне BESSY на российско-немецкой линии. Энергия возбуждения изменялась в диапазоне 100 – 1300 эВ в зависимости от выбора элементов изучаемых интерметаллидов. Все образцы перед измерениями скалывались в объёме спектрометра.

В работе обсуждаются данные резонансной фотоэмиссии для RMn_2Si_2 при изменении энергии фотонов в окрестности Mn 2p-3d края поглощения, La, Sm, Tb 3d-4f резонанса. Экспериментально получены парциальные вклады La 5d, Sm 4f, Mn 3d состояний в валентные полосы соединения. Изучена реакция на появление фотоэлектрона на атомах лантана, самария, тербия, марганца с энергией близкой к фермиевской. Расчёт плотности электронных состояний RMn2Si2 выполнен для ферромагнитно и антиферромагнитно упорядоченных соединений. В целом данные расчётов хорошо согласуются с экспериментом. Мы специально выбрали несколько соединений, чтобы провести сравнительный анализ характера и особенностей резонансной фотоэмисии из редкоземельных и переходных атомов в одинаковых условиях.

Проведен сравнительный анализ резонансов на атомах редкоземельных и переходных компонентов. Установлено, что при поглощении фотона 3d-электроны РЗ атомов переходят состояния 4f-типа, локализованные на родительском атоме. Возбужденные состояния обладают временем жизни, достаточным для обратного перехода электрона на внутренний уровень с выбросом валентного электрона из атома. Реализуется упругий канал резонансного усиления фотоэмиссии. В атомах переходных элементов появляется дополнительный канал распада возбужденного состояния.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 20-02-00541 А).

СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ МАКСВЕЛЛА-ГАРНЕТТА И БРУГГЕМАНА ПРИ ОПИСАНИИ НАНОКОМПОЗИТОВ С ЧАСТИЦАМИ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Потапова И.И.[1], Яцышен В.В.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет

E-mail: ipotapova28@mail.ru

COMPARISON OF THE MAXWELL-GARNETT AND BRUGGEMAN MODELS IN THE DESCRIPTION OF NANOCOMPOSITES WITH PARTICLES OF NOBLE METALS

Potapova I.I.[1], Yatsishen V.V.[1]

[1)] Volgograd State University

In this work, we calculated the complex dielectric constant for a nanocomposite with silver particles using the Maxwell-Garnett and Bruggeman models. Also, graphs of dependences of dielectric constant εM(ω) for a composite with a fill factor f=0,8 were constructed by these two madels.

Композитные среды с наночастицами благородных металлов представляют большой практический интерес при разработке широкого спектра оптических устройств. Оптические свойства таких сред определяются плазмонным резонансом металлических наночастиц и свойствами матрицы. Возникает резонанс диэлектрической проницаемости в нанокомпозите, состоящем из наночастиц металла, взвешенных в прозрачной матрице [1].

Наночастицы распределены в матрице случайным образом, но однородно. Будем считать, что наночастицы имеют форму шара, с радиусом в пределах нескольких нанометров, что значительно меньше длины волны и глубины проникновения поля в материал. Для определенности, в качестве металла мы будем использовать серебро. В дальнейших расчетах используются результаты исследования оптических постоянных благородных металлов по данным из статьи [2]. Диэлектрическая проницаемость матрицы диэлектрика принята ε_d=2,56, коэффициент заполнение матрицы наночастицами металла f=0,8, плазменная частота ω_p=9 эВ, релаксационная постоянная γ=0,02 эВ.

Диэлектрическую проницаемость металла наночастиц, найдем, используя приближение Друде, в виде [1]:

$\varepsilon_m(\omega)=\varepsilon_0-(1/(y*(y+i*G)))$ (1)

$y=\omega/\omega_p$ -нормированная частота,

$G=\gamma/\omega_p$ - нормированное затухание.

Формулу Максвелла-Гарнетта выразим в следующем виде:

$\varepsilon_M(\omega)=(\varepsilon_d*(1+2*x))/(1-x)$ (2)

где $x=(f*(\varepsilon_m-\varepsilon_d))/(\varepsilon_m+2*\varepsilon_d)$

Формула Бруггемана:

$\varepsilon_M(\omega)=(H_B+\sqrt{((H_B)^2+8*\varepsilon_m*\varepsilon_d}))/4$ (3)

$H_B=(2-3*f)*\varepsilon_d-(1-3*f)*\varepsilon_m$ (4)

В формуле (3) взаимодействие между наночастицами учтено только в приближении среднего поля. Заметим, что в модели Бруггемана в явном виде рассматривается только одна наночастица. Ее взаимодействие с другими наночастицами учитывается только в приближении усредненного поля в гетероструктуре, характеризующейся параметром ε_M.

Формула Максвелла–Гарнетта не содержат радиус металлических наночастиц, а значит, не описывает влияния размера наночастиц на частотную дисперсию вблизи частоты плазмонного резонанса [3].

Таким образом, при расчете эффективной комплексной диэлектрической проницаемости диэлектрической среды с металлическими наночастицами модель Бруггемана является достаточно точной. В формуле Бруггемана взаимодействие между наночастицами учтено только в приближении среднего поля. В подходе Бруггемана в явном виде рассматривается только одна наночастица. Ее взаимодействие с другими наночастицами учитывается только в приближении усредненного поля, характеризующейся параметром ε_M.

Как видно на рисунке 1, значения ε_M, рассчитанные по формуле Максвелла-Гарнетта и по формуле Бруггемана, совпадают только при больших частотах $\omega/(\omega_p)>1,7$, однако уже $\omega/(\omega_p)<1,6$ эти значения начинают различаться.

Таким образом, при расчете комплексной диэлектрической проницаемости нанокомпозитов с металлическими частицами подход Бруггемана является более строгим, чем подход Максвелла-Гарнетта.

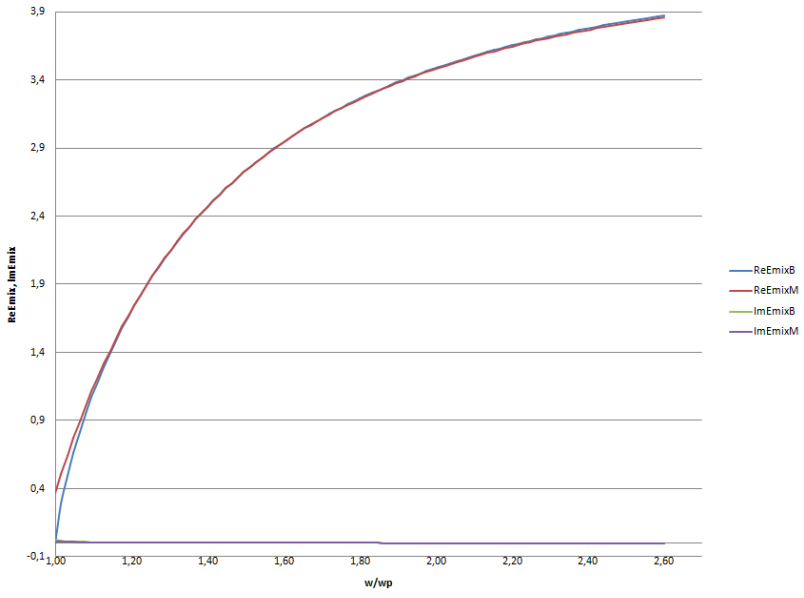


Рис. 1. Зависимости действительной и мнимой частей комплексной диэлектрической проницаемости нанокомпозита с частицами серебра $\varepsilon_M(\omega)$ рассчитанные методом Максвелла-Гарнетта (ReEmixM, ImemixM) и методом Бруггемана (ReEmixB, ImemixB)

1. Yatsyshen, V.V., Potapova, I.I., Verevkina, K.Y. Ellipsometry of Nanocomposite Layered Materials Lecture Notes in Networks and Systems, 155, pp. 258-268, (2021)

2. Johnson P.B., Christy R.W. Optical constant of the noble metals // Phys. Rev. B, V. 6. P. 4370-4379, (1972).

3. Potapova, I.I., Yatsishen, V.V. Dependence of complex dielectric permeability and complex refraction index from frequency for composite with gold nanoparticles, AIP Conference Proceedings, 2313, статья № 030026, (2020)

USING THE MODERN THEORY OF MAGNETIC SUSCEPTIBILITY APPROACH TO DESCRIBE THE LOW-DIMENSIONAL MATERIALS: TWO-DIMENSIONAL ANTIMONY

Pushkarev G.V.[1], Iakovlev I.A.[1], Prishchenko D.A.[1],
Mazurenko V.G.[1], Rudenko A.N.[1, 2]

[1)] Department of Theoretical Physics and Applied Mathematics, Ural Federal University, 620002 Ekaterinburg, Russia

[2)] Key Laboratory of Artificial Micro- and Nano-Structures of Ministry of Educationand School of Physics and Technology, Wuhan University, Wuhan 430072, China

E-mail: gv.pushkarev@urfu.ru

Antimonene is a recently discovered two-dimensional material with high environmental stability and great electronic properties. We report on a computational study of magnetic response of antimonene focusing on the effect of gate voltage, playing an important role due to the structure of material.

Monolayer antimony is a unique material from the class of two-dimensional, because it has the following properties: stability with respect to the external environment and strong spin-orbit interaction, which suggests possible unusual behavior in magnetic fields. In this regard, we have performed a numerical simulation of the magnetic response of this material in weak fields. We carried out calculations within the framework of the tight binding theory using bias voltage effects. The model used in our work is described in the article [1].

According to the theory of magnetic susceptibility, the orbital part can be decomposed into three contributions:

$\chi_{orb}=\chi_{inter}+\chi_{intra}+\chi_{core}$

where χ_{inter} is the interband, χ_{intra} is the intraband contributions of the band electrons, and χ_{core} is the contribution from the electrons located on the inner shells. The band contributions were calculated using the formalism of Green's functions [2]. And the contribution from core electrons was described using the Langevin theory of diamagnetism [3].

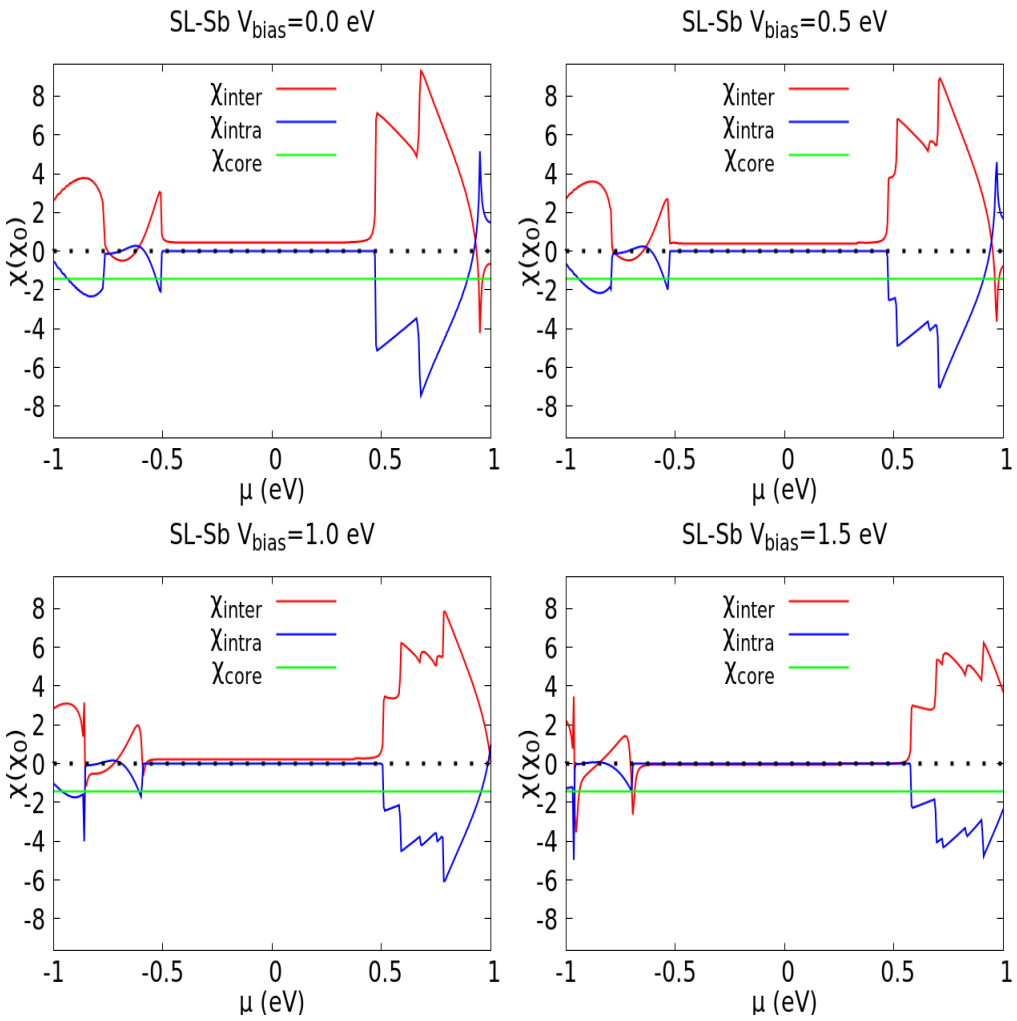


Рис. 1. Interband (χinter), intraband (χintra), and core (χcore) contributions to the orbital susceptibility (χorb) of two-dimensional antimony as a function of the chemical potential μ for different values of the bias voltage Vbias in units of χ_0 = μ_0e^2h^(− 2).

It can be seen from the obtained dependences that for most of the values of the chemical potential, the interband contribution is paramagnetic (χ> 0), and the intraband contribution is diamagnetic (χ <0). In the case of doping (μ not equal 0), the interband contribution turns out to be larger in absolute value. When the bias voltage V_{bias} is applied, both the interband and intraband contributions decrease. Despite this, the orbital susceptibility of undoped 2D antimony is almost completely controlled by the contribution of core electrons.

This work was supported by the Russian Science Foundation Grant № 21-12-00338

1. A. N. Rudenko, M. I. Katsnelson, and R. Rold´an. Phys. Rev. B95, 8 (2017).
2. A. Raoux et al. Phys. Rev. B91, 8 (2015).
3. С.В. Вонсовский Магнетизм. М.: Наука, гл. ред. физ. -матем. лит. (1971).

СЕКЦИЯ 3

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И РОБОТОТЕХНИКА

СИСТЕМА ДЛЯ МОНИТОРИНГА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ АЭС

Балдин А. М.[1], Куртеев А. В.[1], Орлов К. Е.[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: smanisty@mail.ru

METAL STRUCTURES MONITORING SYSTEM OF NPP

Baldin A. M.[1], Kurteev A. V.[1], Orlov K. E.[1], Sevastyanov M. M.[1], Tashlykov O. L.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this study design and results of experimental investigation of stress-strain behavior monitoring system of metal structures of nuclear power plants for assurance of reliable and safe operation are shown.

Общей целью обеспечения безопасности при эксплуатации АС является надежная защита населения и окружающей среды от недопустимого радиационного воздействия. В связи с этим системы диагностики и мониторинга состояния оборудования, трубопроводов и сооружений играют важную роль [1]. Техническое диагностирование должно проводиться в процессе эксплуатации и ремонта с целью поддержания установленного уровня надежности, обеспечения требований безопасности и эффективности использования оборудования, и должно быть направлено на решение следующих взаимосвязанных задач:

- определение вида технического состояния;
- поиск места отказа или неисправностей;
- прогнозирование технического состояния.

Безопасность эксплуатации во многом зависит от качества технического обслуживания и ремонта систем и оборудования АС, которые осуществляются в целях поддержания их технического состояния и надежности на заданном уровне, обеспечивая соответствие АС требованиям безопасности [2].

В последние годы большой интерес проявляется к магнитным методам контроля, основанных на связи магнитных параметров конструкций с механическим напряжением металла. Подобные методы оценки механического напряжения и напряженно- деформированного состояния (НДС) металла обладают рядом важных преимуществ. Это неразрушающее действие и возможность осуществления контроля практически при любых условиях эксплуатации исследуемого оборудования, и дистанционного контроля с мониторингом НДС металла в процессе его эксплуатации.

Наиболее важно применение подобного метода контроля при диагностике корпусного оборудования и металлоконструкций, обладающих значительными

габаритными размерами и металлоемкостью для которых ранняя диагностика повреждённости металла существенно снижает риски их внезапного разрушения, последствия которых наносят существенный ущерб экономике и экологии [3].

В связи с этим, было произведен патентный поиск, разработана конструкция устройства и проведены экспериментальные исследования локального магнитного контроля напряженно-деформированного состояния металла конструкций в учебно-тренировочном комплексе кафедры атомных станций и ВИЭ УрФУ. Подана заявка на изобретение.



Рис. 1. Устройство для мониторинга напряженно-деформированного состояния металлоконструкций АЭС

Предлагаемое устройство мониторинга напряженно-деформированного состояния металлоконструкций (рис. 1) позволяет выполнять измерения в условиях двухосного напряженного состояния, что позволяет определять направление и величину как статических, так и динамических нагрузок, благодаря чему появляется возможность мониторинга напряжённо-деформированного состояния строительных конструкций, мостов, зданий, оборудования и т.д.

1. Новиков Г.А., Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е. Обеспечение безопасности в области использования атомной энергии: учебник – Екатеринбург : Изд-во Урал. Ун-та, 2017. – 552 с/
2. Ташлыков О.Л. Ремонт оборудования атомных станций: учебник / О.Л. Ташлыков. – Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2018. – 352 с.
3. Самокрутов А.А., Бобров В.Т., Шевалдыкин В.Г. и др. Акустические методы и средства исследования НДС металла конструкций и сооружений. – В мире неразрушающего контроля, 2005, №1(27), с.22-26.

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ, ВЫЗВАННЫХ ВИХРЕВЫМИ ТОКАМИ В МАГНИТНЫХ КОМПОНЕНТАХ С ЧЕРЕДУЮЩИМИСЯ ОБМОТКАМИ

Глотов В.В.[1], Башкиров А.В.[1], Астахов Н.В.[1],
Веретенников Н.Ю.[1], Демихова А.С.[1], Глотова Т.С[1]
[1)] Воронежский государственный технический университет
E-mail: vadik-livny@mail.ru

TECHNIQUE FOR OPTIMIZING LOSSES CAUSED BY EDDY CURRENTS IN MAGNETIC COMPONENTS WITH ALTERNATIVE WINDINGS

Glotov Vadim Valerievich[1], Bashkirov Aleksey Viktorovich[1], Astakhov Nikolay Vladimirovich[1], Veretennikov Nikolay Yurievich[1], Demikhova Alesya Sergeevna[1], Glotova Tatiana Sergeevna[1]
[1)] Voronezh State Technical University

This article describes an analytical method for calculating and optimizing losses, caused by proximity and skin-effect in transformer windings. The represented approach based on “1-D method”, but it provides possibility to calculate and optimize losses in interleaved windings

Целью данной работы является разработка аналитического метода расчета и оптимизации потерь, вызванных скин-эффектом и эффектом близости в магнитных компонентах с чередующимися обмотками. На основе анализа описанных в литературе [1, 2, 3] методик был предложен новый способ вычисления потерь в обмотках магнитных компонентов с произвольной формой тока и конфигурацией проводящих слоев. Предложенный алгоритм был реализован на языке программирования MATLAB.

Наиболее эффективным способом расчета потерь в магнитных компонентах является применение метода конечных элементов, реализованного в ряде САПР. К таким пакетам можно отнести следующие программы: ANSYS, CSTStudio, FEMM и др. Однако, применение вышеперечисленных пакетов оказывается весьма трудоемким, что не позволяет эффективно использовать его в рамках ограниченного по времени цикла проектирования. Таким образом, актуальным становится применение аналитических методов расчета, который позволяют не только получить приблизительную величину потерь, но и оценить зависимость потерь от конструктивных параметров, толщины проводников, и самое главное, от их взаимного расположения и чередования.

К сожалению, известные математические соотношения пригодны только для простейшего случая, когда обмотки выполнены без так называемого чередования. Таким образом, применяемые современными инженерами методы снижения потерь не могут быть учтены в рамках математического аппарата Доуэлла [1].

Особенностью предложенного аналитического подхода является возможность его применения для произвольных граничных условий для слоев трансформаторов, что позволит учитывать взаимодействие проводников, в которых

токи протекают в разные стороны и экранов, а также позволит находить оптимальную толщину каждого проводящего слоя и оптимальную конфигурацию проводящих слоев обмоток.

Результаты работы могут быть использованы разработчиками импульсной преобразовательной техники при проектировании магнитных компонентов и теоретической оценке потерь.

1. Dowell, P. L. Effect of Eddy Currents in Transformer Windings / P. L. Dowell — IEE Proc., 1966. — pp 1387 – 1394
2. Carsten, B. High Frequency Conductor Losses in Switchmode Magnetics / B. Carsten — HFPC ’86 Record, Virginia Beach, VA, May 1986
3. Ridley, R. Proximity Loss in Magnetics Windings / Dr. R. Ridley // Switching Power Magazine. — 2005.

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ, ОСНОВАННОЙ НА СТАНДАРТЕ CAMAC, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТРОЛЛЕРА КРЕЙТА W-IE-NE-R CC-USB

Афанасенко М.Ю.[1], Баженов Г.А.[1], Моисейкин Е.В.[1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: tassadar.xxx@gmail.com

CONTROL APPLICATION FOR THE EXPERIMENTAL FACILITY BASEN ON THE CAMAC STANDART WHICH USES THE W-IE-NE-R CC-USB CRATE CONTROLLER

Afanasenko M.Y.[1], Bazhenov G.A.[1], Moiseykin E.V.[1]
[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

An application was developed in the Microsoft Visual Studio 2019 using the WPF platform and the MVVM pattern. The application is designed to control an experimental setup based on the CAMAC standard using the W-IE-NE-R CC-USB CAMAC Controller with USB interface.

Для исследования процесса термолюминесценции несколькими методами термоактивационной спектроскопии ранее была разработана экспериментальная установка, основанная на стандарте КАМАК [1]. В настоящее время выполнена модернизация установки, путем замены устаревшего контроллера крейта на современный W-IE-NE-R CC-USB CAMAC Controller with USB interface [2], который позволяет взаимодействовать с устройствами в крейте с использованием интерфейса USB 2.0. Целью работы являлась разработка современного приложения,

работающего в ОС Windows, для управления данной установкой с использованием нового контроллера крейта.

Оконное приложение разработано на языке программирования C# в среде разработки Microsoft Visual Studio 2019 с использованием платформы WPF и патерна MVVM. Взаимодействие с контроллером крейта осуществляется с использованием библиотеки, разработанной на языке C++ производителем контроллера CC-USB CAMAC.

Разработанное программное обеспечение реализует все режимы работы установки, выполняет стандартные функции записи-чтения измеренных кривых термовысвечивания (КТВ), поддерживает чтение файлов, полученных с использованием ранее созданного ПО. Предполагается добавление функций ведения базы данных всех проводимых измерений КТВ и их параметров.

1. С.В. Никифоров. Особенности термостимулированной люминесценции анион-дефектных монокристаллов оксида алюминия: диссертация кандидата физико-математических наук: 01.04.07. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1998. — 151 с.
2. CC-USB CAMAC контроллер с интерфейсом USB. – URL: http://www.wiener-d.com/sc/modules/camac--modules/cc-usb.html.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ МНОГОЛУЧЕВОГО КАНАЛА РАДИОСВЯЗИ СИСТЕМ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С OFDM МОДУЛЯЦИЕЙ НА ОСНОВЕ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

Чирков О.Н.[1], Ромащенко М.А.[1], Бобылкин И.С.[1]
[1)] Воронежский государственный технический университет
E-mail: chir_oleg@mail.ru

ESTIMATION METHOD FOR MULTIPAHT CHANNELS OF HIGH-SPEED DATA TRANSMISSION SYSTEMS WITH OFDM BASED ON REGRESSION ANALYSIS

Chirkov O.N.[1], Romaschenko M.A.[1], Bobylkin I.S.[1]
[1)] Voronezh State Technical University

This text describes a technique for estimating a multipath radio channel of high-speed data transmission systems with OFDM modulation based on regression analysis. A brief description of the proposed technique and its effectiveness is given.

В статье рассматривается задача повышения эффективности оценки параметров многолучевых каналов радиосвязи, применяемых при проектировании мобильных систем удаленного доступа с ортогональным частотным разделением с мультиплексирования OFDM.

Целью данной работы является разработка методики оценки комплексной огибающей OFDM сигнала в многолучевом канале связи, на основе регрессионного анализа. В условиях постоянно растущего количества абонентов, увеличения скорости передачи и помехоустойчивости мобильных систем радиосвязи, актуальной остается задача повышения эффективности оценки канала при многолучевом распространении сигнала. Так же важно, чтобы оценочная функция была выполнена с минимальной сложностью и с высокой точностью восстановления сигнала. В рамках работы, осуществлен анализ существующих алгоритмов, моделей и методов оценки параметров канала связи OFDM систем, отмечены основные отличия и недостатки [1-4].

Методика основана на математической модели оценки дискретного многолучевого канала методом регрессии по пилотным символам [5].

Для реализации предложенной оценки канала радиосвязи подобран вид аппроксимирующей функции с учетом требований к сложности реализации и показателей эффективности. Разработан алгоритм оценки комплексной огибающей OFDM сигнала в многолучевом канале связи, основанный на регрессии. Алгоритм дает возможность количественно исследовать эффективность предложенной в работе методики.

Согласно проведенному моделированию [5], можно сделать вывод, что применение разработанной методики, позволит повысить эффективность работы системы радиодоступа. При вероятности битовой ошибки равной 10^5 использование регрессионного алгоритма оценки комплексной огибающей OFDM сигнала

в многолучевом канале связи дает выигрыш в отношении Сигнал/Шум около 1 - 1.2 дБ по отношению к методам линейной интерполяции. Таким образом, предложенный алгоритм оценки комплексной огибающей OFDM сигнала в дискретном многолучевом канале связи, позволит повысить скорость передачи данных до 20%.

1. Чирков О.Н. Повышение помехоустойчивости высокоскоростной беспроводной системы обмена информации WI-FI // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7.№3. С. 66-67.
2. Чирков О.Н., Кузнецова А.О. Итеративная методика помехоустойчивого приема QAM-сигналов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2019. Т. 15.№4. С. 84-88.
3. Чирков О.Н., Муратов А.В. Получение OFDM сигналов для высокоскоростных сетей WiMax // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 1. С. 364.
4. Чирков О.Н. Эффективный алгоритм динамического распространения пилот-сигналов для оценки канала радиосвязи в многоантенных системах MIMO с ортогональным частотным уплотнением OFDM // Радиотехника. 2019. Т. 83.№6(8). С. 163-168.
5. A V Bashkirov, O N Chirkov, M A Romashchenko, V V Glotov, A V Turetsky and T S Glotova, "Method of advanced channel estimation in OFDM systems by regression technique", Journal of Physics: Conference Series, 2020, 1661(1), 012001

РАЗЛИЧНЫЕ МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ УПРАВЛЕНИЙ ДЛЯ МАНИПУЛЯЦИОННОГО РОБОТА

Чупин И.А[1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: mr.tchupin@yandex.ru

VARIOUS METHODS OF CONSTRUCTING CONTROLS FOR A MANIPULATION ROBOT

Chupin I.A.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg,Russia

Abstract: Relay controls for a manipulation robot are considered. Various procedures are proposed for their construction for the criteria of the manipulator operation, determined by the speed and energy consumption. Comparison of the mixed criteria of the robot's work for various controls is given.

Рассматривается манипуляционный робот моделирующий движения руки, схват которого вместе с грузом требуется переместить на горизонтальной плоскости из начального положения равновесия в конечное положение равновесия. Манипулятор может двигаться поступательно вдоль горизонтальной направляющей под действием управляющей силы F и вращаться вдоль вертикальной оси под действием управляющего момента M. Динамика движения манипуляционного робота описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений. Нелинейность этих уравнений осложняет применение методов математической теории управления при решении задачи перевода системы из начального положения равновесия в конечное положение равновесия. В [1] при решении задачи быстродействия используются различные классы релейных управлений. Для интегрируемости управляемой системы накладываются дополнительные ограничения, связанные с малой угловой скоростью вращения руки. Приведены аналитические решения поставленных задач, которые позволяют найти время управления T. К сожалению, представленные управления не позволяют погасить скорости в конечных положениях груза. В [2,3] при решении задачи минимизации энергозатрат применялись импульсные управления. В предложенном в этих работах подходе используются движения манипуляционного робота между начальным и конечным положениями по криволинейным траекториям по инерции без потери энергии. Существование таких траекторий и их конструктивное нахождения обосновывается аналитическими методами интегрирования нелинейных систем дифференциальных уравнений. Затраты энергии в рассматриваемом методе управления связаны с работой импульсных сил, используемых для выхода робота из начального положения равновесия на криволинейную траекторию инерционного движения, а также с работой импульсных сил, используемых для гашения

скоростей в конечном положении. В [2,3] при интегрируемости свободной системы отсутствуют дополнительные ограничения, в частности, связанные с малой угловой скоростью вращения руки. В настоящей работе аналитически вычисляется энергия необходимая для перевода манипуляционного робота изначального положения в конечное положение равновесия и время управления. В рассматриваемой процедуре уменьшение энергозатрат приводит к увеличению времени управления, а уменьшение времени управления к росту энергозатрат. Решается оптимизационная задача по сбалансированному уменьшению этих критериев. Анализируется связь различных процедур управления, предложенных в [1,2].

1. Chernousko F.L., Bolotnik N.N., Gradetsky V.G., Manipulation Robots: Dynamics, Control and Optimization, Boca Raton: CRC Press, (1994).
2. Dolgii Y.F., Sesekin A.N., Chupin I.A. Impulse control of the manipulation robot. Ural mathematical journal, 5(2), 13-20, (2019).
3. Chupin, I. A., Dolgii, Y. F., Sesekin, A. N., The controlling of robot with three degrees of freedom, AIP Conference Proceedings; Том 2313, (2020).

DF-ВАРИОМЕТР НА БАЗЕ ОДНОКОМПОНЕНТНОГО АБСОЛЮТНОГО МАГНИТОМЕТРА ПРОТОННОГО ТИПА

Денисов А.Ю.[1], Сапунов В.А.[1], Федоров А.Л.[1], Сергеев А.В.[1], Нархов Е.Д.[1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: fedorov.fti@gmail.com

DF-VARIOMETER BASED ON A SINGLE-COMPONENT PROTON TYPE ABSOLUTE MAGNETOMETER

Denisov A.Y.[1], Sapunov V.A.[1], Fedorov A.L.[1], Sergeev A.V.[1], Narkhov E.D.[1]
[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

DF-variometer based on the POS Overhauser magnetometer and a bias system was created. It is proposed to define the declination angle and modulus of the Earth's field. The calculation of declination is presented. Good determining of angles in a wide range of latitude and field variations is shown.

Создан уникальный DF-вариометр на базе малогабаритного оверхаузеровского магнитометра серии POS [1] и системы высокооднородного подмагничивания (система Гаррета [2]) для измерения компоненты поля [3] и предложена схема высокоточного измерения деклинационного (азимутального) угла D и модуля земного магнитного поля F, см. рис.1.



Рис. 1. Схема измерения (а) с помощью размещенной на немагнитном теодолите Т-30 системы высокооднородного поля (б), совмещенной с оверхаузеровским магнитометром POS (в)

Получена расчётная формула для нахождения угла деклинации земного поля при задании направления базового вектора внешнего поля (Io, Do). Представлены оценки систематической и случайной погрешности определения угла инклинации с учетом погрешностей ориентирования и точности измерения магнитометром POS [4, 5]. Показана хорошая точность определения угла (порядка десятков угловых секунд) в широком диапазоне значений широты и вариаций поля. Например, в диапазоне широт до 70° и относительных вариациях горизонтальной компоненты поля δh/F менее 3E-3 ошибка определения D получается не более 10 секунд. В то же время точность значительно ухудшается в области полярных широт и при сильных магнитных бурях. Например, для угла инклинации порядка 80° и относительной вариации порядка 0,01 (вариация порядка 500 нТл), погрешность определения азимутального угла может достигать 12 угловых минут.

Данная схема измерения может быть легко применена для IF-вариометра, измеряющего угол инклинации I и модуль земного магнитного поля F, располагая ось компонентного магнитометра в вертикальной плоскости, образованной векторами земного поля и его горизонтальной компоненты, перпендикулярно вектору поля.

1. Federal information fund for ensuring the uniformity of measurements (Electronic resource, URL: https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/1383594, accessed 01.02.2021).
2. M.W. Garrett, J. Appl. Phys. 22(9), 1091–1107 (1951).
3. V. Sapunov, J. Rasson, A. Denisov, D. Saveliev, S. Kiselev, O. Denisova, Y. Podmogov and S. Khomutov, Earth Planets Space 57, 1–6 (2005).
4. A.Yu. Denisov, V.A. Sapunov and O.V. Dikusar, Geomagnetism and Aeronomy 39(6), 737–742 (1999).
5. A.Y. Denisov, V.A. Sapunov and B. Rubinstein, Meas. Sci. Technol. 25, 055103 (2014).

НИЗКОПРОФИЛЬНАЯ ЩЕЛЕВАЯ АНТЕННА ИНТЕГРИРОВАННАЯ С СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛЬЮ

Журавлев Д.В.[1], Ищенко Е.А.[1], Фёдоров С.М.[1]
[1)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
E-mail: kursk98@mail.ru

LOW PROFILE SLOT ANTENNA INTEGRATED WITH SOLAR PANEL

Zhuravlev D.V.[1], Ischenko E.A.[1], Fedorov S.M.[1]
[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

The integration of solar panels with antennas allows you to achieve communication in remote areas to provide the capabilities of the Internet of things, monitoring of vital signs of the body. The paper deals with the integration of a low-profile corrugated antenna into a solar panel design.

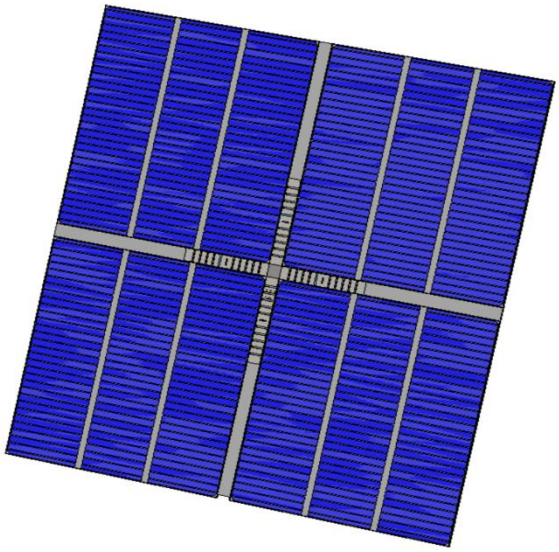


Рис. 1. Солнечная панель с интегрированными низкопрофильными антеннами

Была произведена разработка антенной системы, состоящей из 4 низкопрофильных гофрированных прямоугольных антенн, которые интегрированы в солнечную панель. Низкопрофильная гофрированная антенна состоит из щели размером меньше длины волны, окруженной гофрированными прорезями в прямоугольной проводящей металлической пластине. Антенна питается через волновод, расположенный на нижней стороне металлической пластины с центром под апертурой. При построении антенной системы возможна реализация отдельного запитывания каждого антенного элемента, что позволяет изменять поляризацию или переключатся между лучами, улучшая потенциальное покрытие беспроводной системы связи. Антенна способна работать как в горизонтальной и вертикальной поляризации, так и при запитке антенных элементов со сдвигом фазы 90 градусов относительно друг друга мы можем реализовать круговую поляризацию

антенны. Сигналы с круговой поляризацией менее чувствительны к потерям из-за рассогласования поляризации, что полезно для систем с подвижными объектами (мобильная связь, управление БПЛА). В структуру солнечных панелей также возможна интеграция антенных элементов 5G-mmWave диапазона, спутниковой связи Ku- и Ka- диапазонов, изготовленных по планарной технологии, так как данные антенные элементы имеют низкую стоимость, а для обеспечения повсеместного покрытия на частотах свыше 20 ГГц требуется установка большого числа антенн. Совместное размещение базовых станций, антенн и солнечных панелей позволяет обеспечить резервное питание в случае отключения постоянного, а в отсутствие потребности в резервном питании солнечные панели могут накапливать энергию, которая может быть использована в качестве источника питания уличных фонарей, осветителей знаков дорожного движения (пешеходных переходов).

1. O. O'Conchubhair, Integration of Antennas and Solar cells for Low Power Wireless Systems. Doctoral Thesis, Technological University Dublin. 115 (2015).
2. .J. Roos Ons, Integration of Antennas and Solar Cells for Autonomous Communication Systems. Doctoral Thesis. Dublin, Technological University Dublin. 142 (2010).
3. F. Nashad, S. Foti, D. Smith, M. Elsdon and O. Yurduseven, 2016 Loughborough Antennas & Propagation Conference (LAPC), pp. 1-5 (2016).

ЭФФЕКТ НЕОДНОРОДНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКА В СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ИХ ТЕПЛОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Гавриков А.А.[1], Смирнов В.И.[1, 2]
[1)] Ульяновский филиал Института радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова Российской академии наук, Ульяновск, Россия
[2)] Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия
E-mail: a.gavrikoff@gmail.com

EFFECT OF INHOMOGENOUS CURRENT DISTRIBUTION IN SOLAR ELEMENTS DURING THERMAL RESISTANCE MEASURING

Gavrikov A.A.[1], Smirnov V.I.[1, 2]
[1)] Ulyanovsk branch of the Institute of Radioengineering and Electronics of the Russian Academy of Science, Ulyanovsk, Russian Federation
[2)] Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russian Federation

This paper represents the results of measuring thermal resistance of solar modules and inhomogeneity of current and heat distribution on their surface during the measurements and heating.

Рассмотрены результаты измерения теплового сопротивления и анализа токораспределения в солнечных элементах размерами 52×52 мм2. Измерения теплового сопротивления проводились с использованием модуляционного метода [1]. Метод позволяет по зависимости теплового импеданса от частоты модуляции греющей мощности определять компоненты теплового сопротивления, связанные с особенностями конструкции и распространения теплового потока от кристалла в окружающую среду. Экспериментально обнаружена дополнительная компонента теплового сопротивления, обусловленная тепловым потоком между более нагретыми локальными областями и остальной менее разогретой частью элемента [2]. Косвенным подтверждением этого является сильное уменьшение теплового сопротивления с ростом амплитуды греющего тока [3].

Процессы локализации тока и неоднородности температурного распределения были исследованы с помощью тепловизионной камеры Optotherm InfraSight MI320. Элементы нагревались током силой 0,5; 1,0; 1,5 и 2.0 А. Изменение распределения температуры записывалось на видео при каждом значении греющего тока, от начала греющего импульса и до достижения квазистационарного состояния. На рис. 1 показаны результаты измерения на 3й, 6й, 9й и 12й секундах после начала нагрева током 2.0 А.

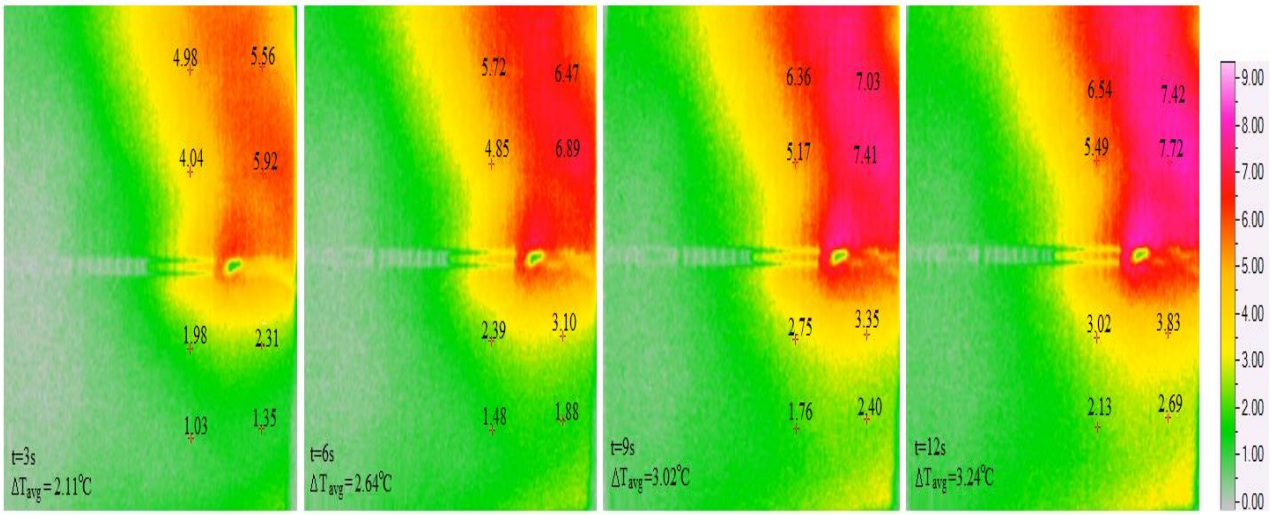


Рис. 1. Температурные поля поверхности СЭ при Iгр =2,0 А через 3, 6; 9, 12 с.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 075-00629-19-00/УФИРЭ и при поддержке гранта РФФИ и Правительства Ульяновской области, номер проекта № 18-48-730018.

1. V. Smirnov, V. Sergeev, A. Gavrikov, and A. Shorin Modulation method for measuring thermal impedance components of semiconductor devices // Microelectronics Reliability. – 2018. – Vol. 80. – pp. 205–212
2. J. Zhang et al. Transient Thermal Resistance Test of Single-Crystal-Silicon Solar Cell // IEEE Transactions on Electron Devices. – 2012. – № 9. – pp. 2345–2349.
3. B. Plesz, S. Ress, P.G. Szabó, G. Hantos, and D. Dudola Issues of Thermal Transient Testing on Photovoltaic Modules // 20th International Workshop Thermal Investigations of ICs and Systems (THERMINIC). – 2014.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Глотов В.В.[1], Башкиров А.В.[1], Ципина Н.В.[1], Костюков А.С.[1],
Демихова А.С.[1], Глотова Т.С.[1]
[1)] Воронежский государственный технический университет
E-mail: vadik-livny@mail.ru

DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR DETERMINING THE RELIABILITY OF RADIO ELECTRONIC DEVICES

Glotov V.V.[1], Bashkirov A.V.[1], Tsipina N.V.[1], Kostyukov A.S.[1],
Demikhova A.S.[1], Glotova T.S.[1]
[1)] Voronezh State Technical University

This text describes a hardware and software complex for determining the reliability of electronic devices. A brief description of this complex and its functional capabilities are presented.

Целью данной разработки является создание программно-аппаратного комплекса для определения надежности приборов. Определение надежности является неотъемлемой частью конструирования радиоэлектронных устройств, так для её определения используют как уже ставшими стандартными математические алгоритмы для ручного расчета, так и современные программные продукты, позволяющие моделировать различные процессы. К таким программам можно отнести следующие комплексы: АСОНИКА, ANSYS, Nastran, COMSOL, Creo, SolidWorks и др.

Особенностью разрабатываемого программно-аппаратного комплекса является его универсальность конструкции и новый специально разработанный математический алгоритм для расчета надежности, подробнее о котором можно узнать в [1].

Аппаратная часть комплекса представляет собой небольшой чемоданчик (ноутбук) с размерами 390х260х30 мм. Внутри которого находится дисплей, служащий для визуального контроля параметров, клавиатура и соединительные провода для подключения исследуемого устройства. Представленная установка позволяет определить надежность подключенного прибора с помощью специально разработанного для этих целей программного модуля, данная программа неоднократно подвергалась различным испытаниям и корректировкам, благодаря которым улучшала свои функциональные возможности. Представленное программное обеспечение имеет оформленное свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ и входит в Реестр программ [2, 3].

На сегодняшний день для разрабатываемого программно-аппаратного комплекса был полностью реализован программный модуль, благодаря которому и происходит непосредственный расчет надежности. Активно ведется доработка аппаратной части устройства, разрабатывается конструкция будущей установки.

1. Костюков А.С. Усовершенствование методики проведения граничных и матричных испытаний / А.С. Костюков, А.В. Башкиров, Л.Н. Никитин // Проблемы обеспечения надёжности и качества приборов, устройств и систем. Межвузовский сборник научных трудов. – Воронеж, 2019. – С. 27 – 35.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019666252 Российская Федерация, Программа для определения надёжности РЭС / А.С. Костюков – № 2019665289; заявл. 27.11.2019; опубл. 06.12.2019, Бил № 12. – 1 с.: ил
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020663436 Российская Федерация, Система определения надежности радиоэлектронных устройств (СОНРЭУ) / А.С. Костюков – № 2020662562; заявл. 19.10.2020; опубл. 27.10.2020, Бил № 11. – 1 с.: ил

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ РАЗМЕРОВ ДЕФЕКТА В ФЕРРОМАГНИТНОМ ИЗДЕЛИИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Шлеенков А.С.[1], Шлеенков С.А.[1], Куковенко А.В.[1],
Пастухов А.Б.[1], Губанов Я.В.[2]
[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева
Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: s11150@yandex.ru
[2)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия.
E-mail: ia.v.gubanov@gmail.com

METHOD FOR MEASURING DEFECTS IN FERROMAGNETIC PRODUCT AND DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION

Shleenkov A.S.[1], Shleenkov S.A.[1], Kukovenko A.V.[1],
Pastukhov A.B.[1], Gubanov Y.V.[2]
[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics
[2)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia.

The measuring method can be used in mechanical engineering, metallurgical and metalworking industry for flaw detection of products and structures made of ferromagnetic materials and alloys.

Задача дефектометрии поверхностных дефектов при магнитной дефектоскопии является очень актуальной [1] и до сих пор не получила практического решения.

Предложенный способ позволяет упростить и повысить точность измерения при определения глубины дефекта в ферромагнитном изделии. Для измерения глубины дефекта изделие намагничивается постоянным магнитным полем H = 100-120 А/см, и производится измерение тангенциальной составляющей поля с шагом не менее 0,5 мм. Для измерения величины поля применяются датчики Холла с соответствующей схемой компенсации температурного дрейфа [2].

Далее находят точки, где поле дефекта не зависит от высоты измерения [3,4] и по его величине судят о глубине дефекта. Точность определения размеров дефекта повышается за счёт исключения влияния зазора Y на результаты измерения (Рис.1).

При определения ширины дефекта применяется методика аналогичная используемой при определении глубины дефекта. Регистрация топографии тангенциальной составляющей индукции магнитного поля рассеяния над дефектом производится при произвольной траектории движения датчика, т.е. не зависит от зазора.

Из полученных значений топографии вычитают величину намагничивающего поля Н и находят величину площади под полученной кривой тангенциальной составляющей поля рассеяния над дефектом, после чего полученное значение делят на произведение величины магнитной проницаемости материала и намагничивающего поля [5]. Для внутренних дефектов вводится дополнительный поправочный коэффициент.

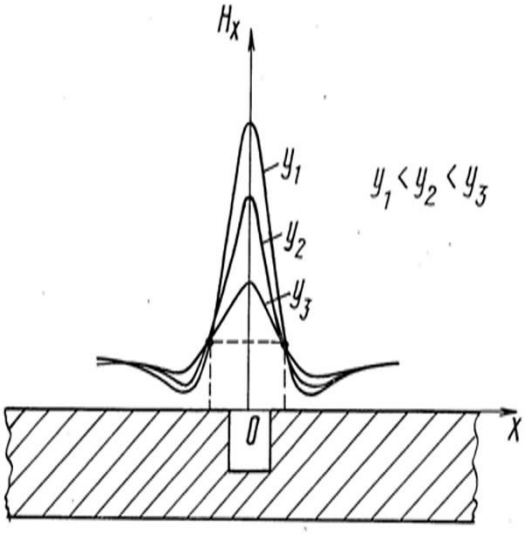


Рис. 1. Распределение поля дефекта при различных зазорах.

На основе разработанных алгоритмов создаданы программа и макет установки для дефектометрии образцов изделий стального проката.

1. Кротов Л.Н. Моделирование обратной геометрической задачи магнитостатики в магнитном контроле, докторская диссертация // Пермский политехнический институт, 2004 г.
2. Неразрушающий контроль. Справочник в 7 томах, том 6. Книга 1, Магнитные методы контроля // Под ред. чл.-корр. В.В. Клюева – М.: Машиностроение 2004.
3. Загидулин Р.В. Дякин В.В. Дударев В.С. Шлеенков А.С. Щербинин В.Е. Способ определения параметров поверхностного дефекта типа трещины на ферромагнитном объекте // Патент на изобретение №1777067,опубл. 23.11.1992. Бюл. № 43
4. Сандовский В.А. Куковенко А.В. Загидулин Р.В. Способ измерения глубины дефекта в ферромагнитном изделии и устройство для его осуществления// Патент на изобретение №2034235,опубл. 30.04.1995. Бюл. № 12.
5. Булычев О.А. Шлеенков А.С. Щербинин В.Е. Способ определения ширины трещины в ферромагнитном изделии // Патент на изобретение №1810809,опубл. 23.04.1993. Бюл. № 15.

ДВУХДИАПАЗОННАЯ ЩЕЛЕВАЯ MIMO АНТЕННА ДЛЯ СОТОВОГО ТЕЛЕФОНА

Жихарев А.М.[1], Ищенко Е.А.[1], Фёдоров С.М.[1]
[1)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

E-mail: kursk1998@yandex.ru

DUAL BAND SLOT MIMO ANTENNA FOR CELL PHONE

Zhikharev A.M.[1], Ischenko E.A.[1], Fedorov S.M.[1]
[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

The development and research of a dual-band MIMO antenna array for 4 and 5 generation networks was carried out. The design is based on slotted antennas. Completed simulation of the main characteristics of the antenna system, SAR, measurement of the prototype was carried out.

Была произведена разработка MIMO антенной решетки, которая функционирует в частотных диапазонах 2.57-2.62 ГГц (38 диапазон LTE) и 3.55-3.7 ГГц (n48 диапазон 5G). В процессе разработки в качестве конструкции была выбрана щелевая антенна с двумя L-образными микрополосковыми линиями питания, для запитывания структуры применялись коаксиальные линии. Для полученной конструкции антенны производилось моделирование параметров матрицы рассеяния, диаграмм направленности. Была сформирована MIMO антенная решетка, состоящая из четырех антенных элементов. На основе предложенной конструкции создан макет, по результатам измерения основных параметров которого были определены характеристики матрицы рассеяния для каждого антенного элемента, полученные результаты измерений показали высокую точность компьютерного моделирования. Для MIMO антенной решетки был определен коэффициент корреляции огибающей (ECC), коэффициент активного отражения (TARC) и удельный коэффициент поглощения электромагнитной энергии (SAR); определялось влияние положения рук на характеристики диаграмм направленности. Полученные измерения SAR показывают, что разработанная антенная система соответствует установленным требованиям и количество поглощенной энергии менее 2 Вт/кг на 10 грамм тканей. Предложенная конструкция MIMO антенной решетки предназначена для установки в мобильное устройство с возможностью работы в сетях 4 и 5 (на частотах менее 6 ГГц) поколений.

1. M.-Y. Li, Y.L. Ban, Z.Q. Xu, G. Wu, C.Y.D. Sim, K. Kang, Z.F. Yu IEEE Transactions on Antennas and Propagation vol. 64, no. 9, 3820-3830 (2016)
2. Y. Yoshimura IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 20, no. 11, 760-762 (1972)
3. S. Blanch, J. Romeu, I. Corbella Electronics Letters. 39. 705 – 707 (2003)

МКП ДЕТЕКТОР РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МАЛОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Кантур И.Э[1], Ярмошенко Ю.М[1], Долгих В.Е.[1], Кузнецова Т.В[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: il.kant@yandex.ru

A LOW-INTENSITY X-RAY DETECTOR BASED ON MICROCHANNEL PLATES

Kantur I.E.[1], Yarmoshenko Yu.M[1], Dolgikh V.E.[1], Kuznetsova T.V[1, 2]
[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The detector based on microchannel plates was designed to detect low-intensity X-ray radiation in the wavelength range 0.1 nm-0.7 nm in diffractometers and X-ray spectrometers. The secondary characteristic radiation of the samples is recorded in the X-ray spectrometer. A microchannel plates (MCP) m

При использовании лабораторных стандартных источников рентгеновского излучения, маломощных по сравнению с синхротронными, наиболее удобными являются двумерные детекторы на основе микроканальных пластин [1-2].

Рентгеновские спектры получены с помощью рентгеновского эмиссионного спектрометра. В спектрометре использована фокусировка кристалла по методу Иоганна [3]. Рентгеновское излучение попадает в камеру детектора через Be-окно на поверхность МКП. Попадая на пластины излучение возбуждает электроны, которые умножаются в объеме МКП под действием положительного потенциала и регистрируется в дальнейшем люминофором, который нанесен на внутренней стороне стеклянной поверхности детектора. Под действием электронов в люминофоре возникают фотоны преимущественно в зеленой области оптического спектра. Этот свет фокусируется короткофокусным объективом и попадает на матрицу цифровой видеокамеры.

Детектор на основе микроканальных пластин предназначен для регистрации рентгеновского излучения низкой интенсивности в области длин волн 0.1 nm – 0.7 nm в дифрактометрах, лауэграмм и рентгеновских спектрометрах.

В рентгеновском спектрометре регистрируется вторичное характеристическое излучение образцов. Энергии фотонных импульсов измеряются МКП с анодом и люминофорным экраном. 2D изображение фиксируется скоростной цифровой фотокамерой. Далее изображение обрабатывается с помощью программного обеспечения. Пользователь может выбрать способы фильтрации, области

считывания информации. Изображения суммируются, фильтруются от шумов, помех и дефектов оптики фотокамеры. Считывается и суммируется интенсивность падающих фотонов по вертикали. При необходимости можно отредактировать получившиеся данные. На основе этих данных строиться график зависимости интенсивности излучения от энергии фотонов.

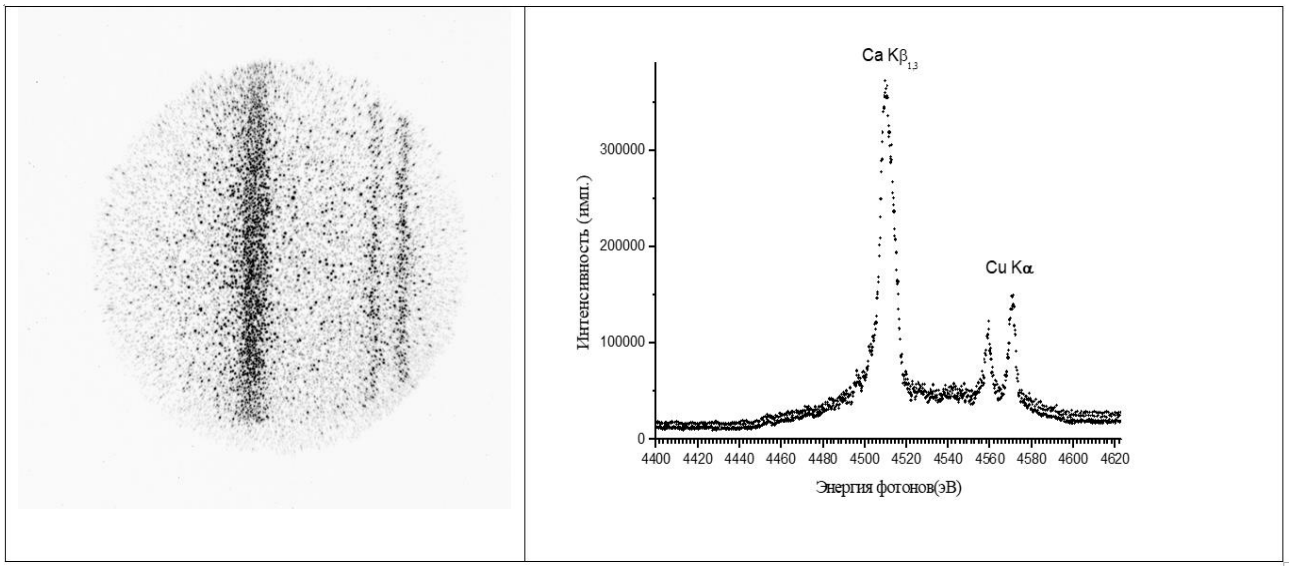


Рис. 1. Слева показана, сумма двумерных изображений, полученных фотокамерой. Справа показан, график зависимости интенсивности от энергии фотонов, демонстрирующий суммарные спектры Ca Kβ1,3, Cu Kα

Время получение этих данных составило 120 секунд, аналогичный результат прежними методами достигался порядка 10 часов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-02-00541 А).

1. B. P. Duval, J. E. Bateman, and N. J. Peacock, Review of Scientific Instruments 57, 2156 (1986).
2. D. Thorn and P. Beiersdorfer, Rev. Sci. Instrum., Vol. 75, No. 10, (2004).
3. H.H. Johann, Zs. f. Phys. 69, №3/4, 185-206, (1931).

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ СПЕКТРОМЕТРА ПРИРАЩЕНИЯ ИОННОЙ ПОДВИЖНОСТИ ПРИ ДЕТЕКТИРОВАНИИ ПАРОВ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Костарев В.А.[1], Акмалов А.Э.[1], Котковский Г.Е.[1], Чистяков А.А.[1]
[1)] Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
E-mail: vakostarev@mail.ru

LASER RADIATION AS A WAY TO CONTROL THE ANALYTICAL PARAMETERS OF FIELD ASYMMETRIC ION MOBILITY SPECTROMETER FOR DETECTION OF EXPLOSIVES IN VAPOR PHASE

Kostarev V.A.[1], Akmalov A.E.[1], Kotkovskij G.E.[1], Chistyakov A.A.[1]
[1)] National research nuclear university MEPhI (Moscow engineering physics institute)

In this study we compare a radioactive 63Ni ionization source with a laser ionization source and reveal the parameters of laser ionization of TNT, RDX, HMX and PETN which can lower the limit of detection of portable devices. We also determine nonlinear ion mobilities at different conditions.

На основании анализа спектров приращения ионной подвижности, а также зависимостей положения ионных пиков в координатах «разделяющее напряжение-компенсирующее напряжение» для TNT, RDX, HMX, PETN установлено, что ионный состав пиков RDX и HMX, а также реактант-пиков при ионизации TNT и PETN лазерным излучением существенно отличается от состава соответствующих пиков при ионизации этих же веществ бета-излучением [1]. Показано, что в одинаковых условиях, с учетом уровня шумов, количество ионов, генерируемых лазерным источником, превышает количество ионов от бета-источника в 5 раз [1].

На основании анализа зависимостей ионного тока от объема облучаемой лазером области определены оптимальные параметры лазерного излучения для максимально эффективной ионизации TNT, RDX, HMX, PETN. Для ионизации TNT оптимальная интенсивность при фиксированной энергии лазерного импульса составляет 3×10^7 Вт/см^2 [2], для RDX 7×10^7 Вт/см^2 [3], для HMX 2.5×10^7 Вт/см^2 [1], для PETN 3×10^7 Вт/см^2 [1]. Путем измерения ионного тока в пиках указанных веществ при различных объемах облучаемого пространства показано, что при установленной энергии в импульсе фокусировка луча позволяет получать максимальное количество ионов исследуемых веществ при достижении указанных выше интенсивностей, значения которых связаны с механизмами ионизации конкретных нитросоединений, в том числе с прямой многофотонной ионизацией. При оптимальных параметрах лазерного излучения для генераторов насыщенных паров получены пределы обнаружения: для TNT 3×10^{-15} г/см^3 [4], для RDX 3×10^{-15} г/см^3 [1], для PETN 8×10^{-15} г/см^3 [1], для HMX менее 3×10^{-15}

г/см^3 [1]. Полученные пределы обнаружения в несколько раз ниже, чем в известных коммерческих детекторах взрывчатых веществ, работающих с паровой фазой.

Для продуктов процессов ионизации рассчитаны коэффициенты нелинейной подвижности с учетом параметров разделяющего поля в спектрометре приращения ионной подвижности с калибровкой расчетных поправок по веществам с известными параметрами.

Проведено исследование процессов ионизации молекул взрывчатых веществ в среде осушенного азота. Выявлены отличительные черты процессов, протекающих в отсутствие кислорода. Исследовано изменение ионного состава спектров, полученных при добавлении различных допантов к дрейфовому газу.

Работа выполнена в рамках финансируемого РФФИ (Российский фонд фундаментальных исследований) проекта № 19-32-90280.

1. Kostarev, V.A.; Kotkovskii, G.E.; Chistyakov, A.A.; Akmalov, A.E. Enhancement of Characteristics of Field Asymmetric Ion Mobility Spectrometer with Laser Ionization for Detection of Explosives in Vapor Phase. Chemosensors 2020, 8, 91.
2. Akmalov, A.E., Chistyakov, A.A., Kotkovskii, G.E., Kostarev, V.A.," Parameters of laser ionization of explosives for ion mobility spectrometry," Proc. SPIE 10802 (2018).
3. Akmalov, A.; Chistyakov, A.A.; Kotkovskii, G.E.; Kostarev, V.A. Detection of vapors of explosives by field asymmetric ion mobility spectrometry method with laser ionization. Proc. SPIE 2019,11166, p. 2.
4. Akmalov, A.E., Bogdanov, A.S., Chistyakov, A.A., Kotkovskii, G.E., Spitsyn, E.M., Sychev, A.V., Perederii, A.N., «A laser desorption ion-mobility increment spectrometer for detection of ultralow concentrations of nitro compounds», Instruments and Experimental Techniques, 56 (3), 309-316 (2013).

РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ВИХРЕТОКОВЫХ СИГНАЛОВ НА БАЗЕ МОДУЛЯ E14-440

Ксенофонтов Д.Г.[1], Костин В.Н.[1, 2], Атласов М.Н.[1, 2], Суворин К.Д.[1]
[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

IMPLEMENTATION OF DIGITAL METHODS TO ANALYSE EDDY-CURRENT SIGNALS BASED ON THE E14-440 MODULE

Ksenofontov D.G.[1], Kostin V.N.[1, 2], Atlasov M.N.[1, 2], Suvorin K.D.[1]
[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

Using digital methods to analyze eddy-current signals was proposed. Quadrature amplitude demodulation and fast Fourier transformation was used. Both methods can be used instead of analog demodulator. Such approach increases the range of signal forms and unifies hardware.

Для анализа вихретоковых сигналов часто используют квадратурную амплитудную демодуляцию [1]. Она позволяет выделить амплитуду и фазу сигнала с измерительной катушки. По их изменению можно судить о свойствах контролируемого объекта. Одной из задач при создании многоцелевых аппаратно-программных комплексов является создание наиболее универсальной аппаратной части, позволяющей взаимодействовать с наибольшим количеством типов датчиков. Для этого преобразование сигнала можно производить с помощью программных алгоритмов вместо аналоговых схем. Цифровая генерация и анализ сигнала также позволяют использовать широкий спектр форм сигналов.

В работе использован модуль АЦП/ЦАП E14-440. Максимальная частота АЦП составляет 400 кГц. Максимальная частота ЦАП составляет 125 кГц, но выбрана 100 кГц, чтобы на один такт ЦАП приходилось целое число тактов АЦП. Экраны большинства современных цифровых устройств работают на частоте 60-120 Гц, соответственно частота обновления данных должна лежать в этом диапазоне. При размере выборки в 4096 отсчётов частота обновления данных составляет 97,67 Гц. При таких условиях диапазон используемых частот сигнала составляет от 97,67 Гц до 12,5 кГц для сигнала синусоидальной формы и до 50 кГц для меандра.

В качестве алгоритмов для анализа сигнала использованы квадратурная амплитудная демодуляция и быстрое преобразование Фурье (БПФ) [2]. Оба алгоритма позволяют выделить амплитуду сигнала. БПФ имеет ограничение по опре-

делению фазы сигнала в диапазоне от -90 до +90 градусов. В то время как квадратурная амплитудная демодуляция позволяет определять фазу в диапазоне от -180 до +180 градусов.

Использован трансформаторный абсолютный проходной вихретоковый преобразователь. Возбуждающая катушка состоит из 700 витков с диаметром провода 0,25 мм. Измерительная катушка состоит и 1000 витков с толщиной провода 0,1 мм. Длина катушек составляет 80 мм, внутренний диаметр 10 мм. Усилитель мощности на основе TDA2006 применён для увеличения силы тока в возбуждающей катушке. Структурная схема установки представлена на рисунке.

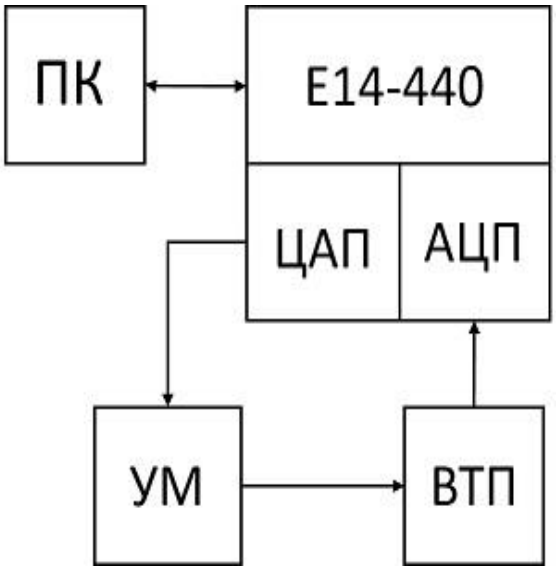


Рис. 1. Рисунок - Структурная схема установки. ПК - персональный компьютер, E14-440 - модуль АЦП/ЦАП, УМ - усилитель мощности, ВПТ - вихретоковый преобразователь.

Реализованные методы обработки сигнала избавляют от необходимости использовать аналоговый демодулятор и расширяют диапазон анализируемых сигналов. В то же время они значительно зависят от частот АЦП и ЦАП, а также вычислительной мощи используемых процессоров и микроконтроллеров.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Диагностика», № АААА-А18-118020690196-3).

1. García-Martín J, Gómez-Gil J, Vázquez-Sánchez E. Sensors. 11(3),2525-2565, (2011)
2. Сергиенко А. Б., Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие., БХВ-Петербург, (2011)

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ладвищенко А.А.[1], Лагунов А.Ю.[1]
[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В.Ломоносова
E-mail: ladvishchenko.aleksandr@yandex.ru

DEVELOPMENT OF A UNIVERSAL EXPERIMENTAL STAND FOR THE STUDY OF SOLAR CELLS

Ladvishchenko A.A.[1], Lagunov A.Y.[1]
[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

The use of solar panels in harsh arctic conditions requires laboratory testing. The authors have created a universal experimental stand for the study of solar cells in the following modes: no-load, short-circuit, and with an arbitrary load that simulates a real load in the field.

С постоянно растущим спросом на энергию поиск альтернативных источников энергии усилился. Сегодня статус солнечной электроэнергетики из разряда многообещающей долгосрочной перспективы переходит в разряд широкой практической реализации [1]. Нами накоплен богатый опыт размещения солнечных элементов в Арктике во время полярного лета для питания аппаратуры полевых экспедиций [2,3,4]. Перед отправкой солнечные элементы для эксплуатации в суровых условиях циркумполярного региона необходимо исследовать в условиях низких температур. Проведение лабораторных исследований позволяет выявить и устранить недостатки, которые в отдаленных районах могут привести к выходу из строя солнечной электростанции.

Для исследования солнечных элементов мы разработали универсальный экспериментальный стенд. Данная установка позволяет исследовать зависимость ЭДС солнечных элементов от температуры внутри установки. Стенд представляет собой короб из пенопласта, покрытый внутри и снаружи слоем теплоизоляционного материала. Сверху стенда расположена крышка, для возможности помещать внутрь установки солнечный элемент. По центру крышки будет вырез под источник освещения (имитатор солнечного излучения - ИСИ), отделённый от внутренней части двумя листами стекла с воздушной камерой. Солнечное излучение можно считать наиболее важной климатической переменной, определяющей правильную работу фотоэлектрической установки. К ИСИ предъявляются высокие требования по максимальному соответствию солнечному излучению по степени коллимированности падающего на солнечный элемент излучения [5].

Нагрев и охлаждение камеры осуществляется при помощи элементов Пельтье. Установка разработана полностью автоматизированной, а управление осуществляется с удобного для пользователя интерфейса и управлением с персонального компьютера. С помощью программного обеспечения для управления экспериментальным стендом можно изменять температуру внутри камеры. Данные о

значении ЭДС солнечного элемента и температуре выводятся на пользовательский интерфейс.

Стенд позволяет исследовать солнечные элементы в режимах: холостого хода, короткого замыкания и с произвольной нагрузкой, имитирующей реальную нагрузку в полевых условиях.

1. I. Peters, S. Karthik, H. Liu, T. Buonassisi, and A. Nobre, “Urban haze and photovoltaics,” Energy and Environmental Science, vol. 11, no. 10, pp. 3043–3054, 2018.
2. V. Terekhin and A. Lagunov, “Telecommunications equipment power supply in the arctic by means of solar panels,” vol. 1767, 2016.
3. A.Lagunov, A.Ladvishchenko and V.Terekhin, “Study of Solar Cells at Low Temperatures in the Arctic”, 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019, 8933866, 2019.
4. A.Ladvishchenko and A.Lagunov, “Problems of operation of solar cells at low temperatures in the Arctic”, AIP Conference Proceedings, 2313, 060010, 2020.
5. A. Lupu, V. Homutescu, D. Balanescu, and A. Popescu, “A review of solar photovoltaic systems cooling technologies,” vol. 444, no. 8, 2018.

СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ ПОКАЗАНИЙ ЖИДКОСТНОГО КАЛОРИМЕТРА С ПОМОЩЬЮ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

Лобанов Л.Н.[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: lbnvln@gmail.com

MACHINE VISION BASED LIQUID CALORIMETER READINGS REGISTRATION SYSTEM

Lobanov L.N.[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

In this work machine vision based visual registration of liquid calorimeter readings system is described. The system includes meniscus position control unit and controls by program for personal computer.

В настоящее время активно исследуются методы получения мощных СВЧ-импульсов, в связи с чем существует необходимость в измерении их энергии. В релятивистской СВЧ-электронике одним из способов измерения энергии импуль-

сов является применение калориметров, действие которых основано на регистрации изменения параметров рабочего тела, поглощающего энергию СВЧ-излучения. Наиболее распространены жидкостные калориметры, в которых различными методами определяется изменение объема рабочей жидкости [1-3].

Целью данной работы является разработка системы для визуальной регистрации показаний жидкостного калориметра с помощью машинного зрения. Ядром системы является разработанная для ПК программа. С помощью видеокамеры она непрерывно получает изображения капилляра, соединенного с объемом рабочей жидкости калориметра. Используя алгоритмы машинного зрения, программа определяет положение мениска жидкости в капилляре, которое изменяется при поглощении жидкостью энергии СВЧ-излучения. Используя результаты предварительно проведенной калибровки калориметра, данное изменение может быть пересчитано в энергию поглощенного импульса. Кроме того, программа выполняет стабилизацию уровня жидкости в капилляре, формируя электрические сигналы, управляющие питанием элементов Пельтье. Последние нагревают или охлаждают рабочую жидкость, позволяя зафиксировать положение мениска, минимизируя тем самым влияние условий окружающей среды на результаты измерений. Достоинством описываемой системы является возможность ее использования на базе практически любых современных ПК и видеокамер. Более того, генерация управляющих сигналов может быть изменена или удалена вовсе в зависимости от имеющегося в наличии оборудования.

1. Диагностика мощных наносекундных импульсов сверхвысокочастотного излучения / Быков Н.М. [и др.] // Приборы и техника эксперимента. – 1987. – №6. – С. 107-110.
2. Liquid calorimeters for measuring the energy of high-power microwave pulses / Vykhodtsev P.V. [et al.] // Instruments and Experimental Techniques. – 2015. – Т. 58, №. 4. – С. 510-514.
3. Wideband Overmoded Liquid Calorimeter for High-Power Microwaves: Centimeters to Millimeters / Vykhodtsev P.V. [et al.] // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2020. – Т. 70. – С. 1-6.

ПРОГРАММНАЯ И АППАРАТНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Лукашов А.С.[1], Вдовкин В.А.[2], Трофимова Е.С.[1], Пустоваров В.А.[1]
[1)] Уральский федеральный университет, 620002, Екатеринбург, Россия
[2)] Ленинградская АЭС, 188540, Сосновый Бор, Россия
E-mail: alexand-11@mail.ru

SOFTWARE AND HARDWARE UPGRADE OF THE PHOTOLUMINESCENCE SPECTROSCOPY SETUP

Lukashov A.S.[1], Vdovkin V.A.[2], Trofimova E.S.[1], Pustovarov V.A.[1]
[1)] Ural Federal University, 620002, Yekaterinburg, Russia
[2)] Leningradskaya Nuclear Power plant, 188540, Sosnovyi Bor, Russia

This report describes the hardware and software upgrade of the custom-built photoluminescence spectroscopy setup, installed in the Laboratory of Solid State Physics in Ural Federal University. The upgraded setup was tested by recording photoluminescence spectra of some number of objects.

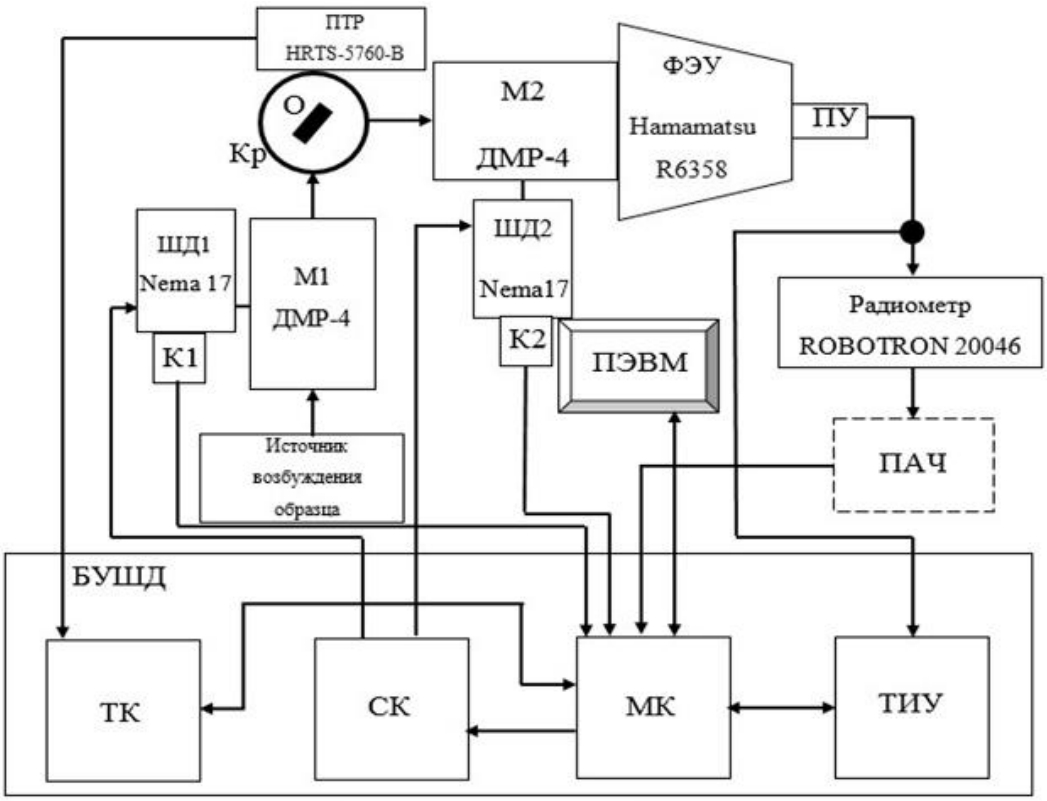
Созданный в лаборатории физики твёрдого тела фотолюминесцентный (ФЛ) спектрометр уже много лет активно используется в учебном процессе и в научной деятельности [1]. Используемая в настоящее время версия автоматизации установки была создана в 2008 г. с применением шаговых двигателей (ШД) неоправданно высокой мощности, что при длительной работе приводило к перегреву силовых коммутаторов и к сбоям в работе блока управления ШД. Была поставлена задача модернизации установки путём применения новых аппаратных и программных решений, использования современных маломощных ШД.

Блок управления ШД выполнен в виде печатной платы на базе микроконтроллера STM32F100RBT6B (установлен на отладочной плате STM32VLDISCOVERY со встроенным отладчиком ST-link). Плата содержит силовые коммутаторы, обвязку по питанию, функциональные кнопки, плату контроля температуры. Предусмотрены разъемы для подключения питания, шаговых двигателей, интерфейса USB, датчика температуры. Устройство также содержит преобразователь амплитуда-частота, преобразуя импульсы с радиометра Robotron 20046, содержащего дискриминатор нижнего уровня и усилитель-формирователь, в последовательность прямоугольных импульсов с частотой, пропорциональной амплитуде. При нарушении пропорциональности сигнала и скорости счета используется схема на основе трансимпедансного усилителя, которая позволяет измерять сигнал с ФЭУ в токовом режиме.

Управление комплексом выполняется специально разработанным ПО, написанным на языке C++ в среде Microsoft Visual Studio. ПО позволяет вводить основные установочные параметры при записи спектра: время экспозиции в точке,

диапазон измерения, число шагов ШД, а также отображает записываемый спектр на мониторе и автоматически сохраняет в текстовый файл формата *.dat.

Работа комплекса была успешно протестирована путём измерения спектров ФЛ и возбуждения ФЛ различных образцов с требуемой воспроизводимостью. Выбор числа шагов определяется необходимым спектральным разрешением, минимальный шаг для монохроматора М1, имеющего нелинейную дисперсию, составляет 0,25 нм/шаг (в области ~250 нм), для М2 - 0,05 нм/шаг в области 550 нм, что достигается применением редуктора, изготовленного на 3D принтере.



ПТР – платиновый терморезистор, О – образец, Кр – криостат, ШД – шаговый двигатель, М – монохроматор, К – концевой выключатель, ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина, БУШД – блок управления шаговыми двигателями, И – источник, ПАЧ – преобразователь амплитуда-частота, ФЭУ – фотоэлектронный умножитель, ПУ – предусилитель, ТИУ – трансимпедансный усилитель, МК – микроконтроллер, СК – силовой коммутатор, ТК – плата температурных измерений.

Рис. 1. Структурная схема ФЛ-спектрометра с модернизированным аппаратно-программным комплексом

1. В.А. Пустоваров Люминесценция твердых тел: учебное пособие. Екатеринбург, Изд-во Уральского университета. 2017. -128 с. http://elar.urfu.ru/handle/10995/48987

УСТАНОВКА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ЩЕЛОЧНО-ГАЛОИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ

Мамонов А.А.[1], Таврунов Д.А.[1], Райков Д.В.[1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Mamonov.Anton@urfu.me

A SETUP FOR GROWING ALKALI HALIDE CRYSTALS

Mamonov A.A.[1], Tavrunov D.A.[1], Raikov D.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Design and implementation of a setup for growing alkali halide crystals (AHC). Investigation of the properties of the obtained AHC as a function of the growth temperature.

Стремительное развитие методов исследования новых материалов требуют уникального специализированного оборудования. В данной работе описана установка для получения и исследования роста щелочно-галоидных кристаллов (ЩГК).

Авторами работы [1] показано, что синтез тонких углеродных покрытий (в частности линейно-цепочечного углерода (ЛЦУ)) наиболее вероятен на поверхностях кристаллов с кубической кристаллической решёткой. Наиболее перспективными в этом плане являются ЩГК, в частности KCl и NaCl.

В результате исследования была разработана и сконструирована установка для выращивания монокристаллов KCl и NaCl (Рис. 1). Раствор NaCl помещается в цилиндрическую колбу. В верхней части рабочего объема устанавливается нагревательный элемент, в нижней – охладительный; боковые стенки теплоизолированы. Данные условия создают градиент температуры по высоте колбы. Это дает возможность исследовать качество получаемых кристаллов в зависимости от температуры, при которой происходит рост.

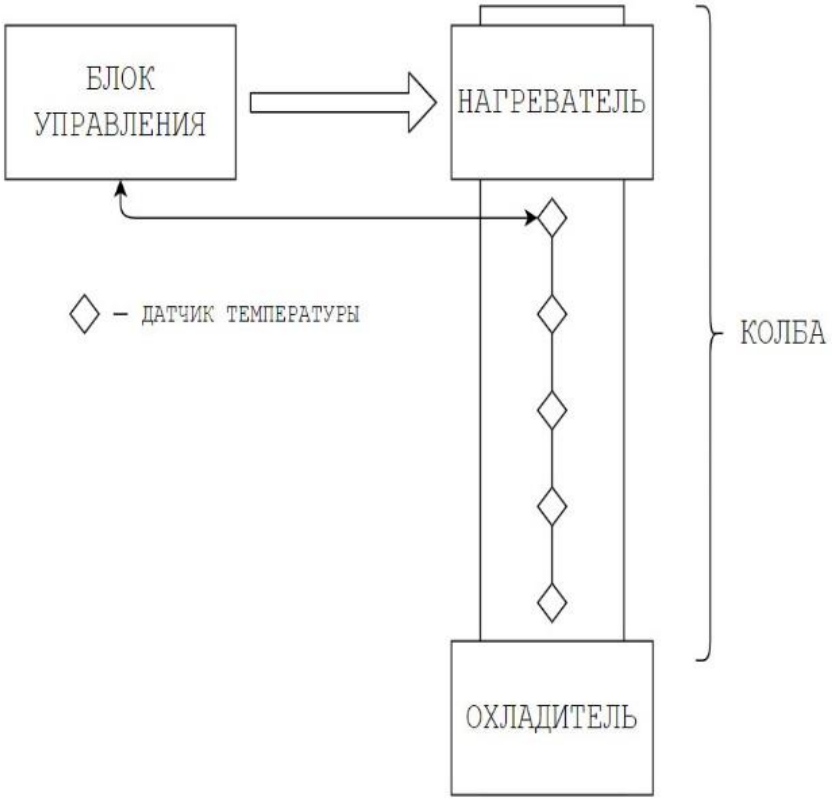


Рис. 1. Структурная схема установки.

Термические показатели раствора в различных точках фиксируются полупроводниковыми датчиками температуры. Сигнал с каждого датчика поступает на разработанный электронный блок [2], осуществляющий управление градиентом температуры и работой всей установки в целом.

1. Zatsepin A.F., Buntov E.A., Zatsepin D.A., Boqizoda D.A., Guseva M.B., Vyatkina S.P.. Plasma Synthesis and XPS Attestation of Thin-Film Carbon Coatings with Predetermined sp-Hybridization. Physics of Atomic Nuclei. 2018 Dec. 1;81(11):1660-1663.
2. Волович, Г. И. Схемотехника аналоговых и аналогово-цифровых электронных устройств / Г. И. Волович. — 4-е, изд. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 636 с. — ISBN 978-5-97060-623-0.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАМАГНИЧИВАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ЗАМКНУТОГО ТИПА ДЛЯ ПОРТАТИВНОГО МАГНИТНОГО СКАНЕРА-ДЕФЕКТОСКОПА БУРИЛЬНЫХ ТРУБ

Михайлов А.В.[1, 2], Гобов Ю.Л.[2], Никитин А.В.[2], Попов С.Э.[2], Михайлов Л.В.[2], Антокольский Л.И.[1]

[1)] Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия

[2)] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

E-mail: mikhaylov@imp.uran.ru

SIMULATION OF A CLOSED-LOOP MAGNETIZING SYSTEM FOR A PORTABLE DRILL PIPE MAGNETIC FLAW DETECTOR

Mikhailov A.V.[1, 2], Gobov Yu.L.[2], Nikitin A.V.[2], Popov S.E.[2], Mikhailov L.V.[2], Antokolsky L.I.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

[2)] Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

This work presents design and calculation by the finite element method of the magnetic field distribution and magnetic flux generated by the closed-loop magnetizing system for the magnetic scanner-flaw detector of drill pipes.

В настоящее время для неразрушающего контроля основного металла бурильных труб широкое применение нашли магнитные дефектоскопы с намагничивающими системами, представляющими собой массивные катушки с током [1, 2]. Такие катушки предназначены для намагничивания материала объекта контроля до состояния технического насыщения, поэтому потребляют большое количество энергии и обладают большими массогабаритными характеристиками. Кроме того, надевание и снятие катушки возможно только с торцов бурильной трубы, что доставляет дополнительные неудобства оператору в процессе дефектоскопии. В данной работе предложена конструкция и представлен расчет методом конечных элементов модели намагничивающей системы, лишенной указанных выше недостатков и позволяющей однородно намагнитить основной металл бурильной трубы, в том числе и в приближенной к замкам зоне, до напряженности магнитного поля порядка 250-300 А/см. Предлагаемая модель системы намагничивания представляет собой замкнутую магнитную цепь, состоящую из нескольких соленоидов и магнитопровода. На рис. 1 приведено решение упрощенной осесимметричной задачи в пакете FEMM, позволяющее правильно оценить массу магнитопровода, а также необходимое число ампер-витков.

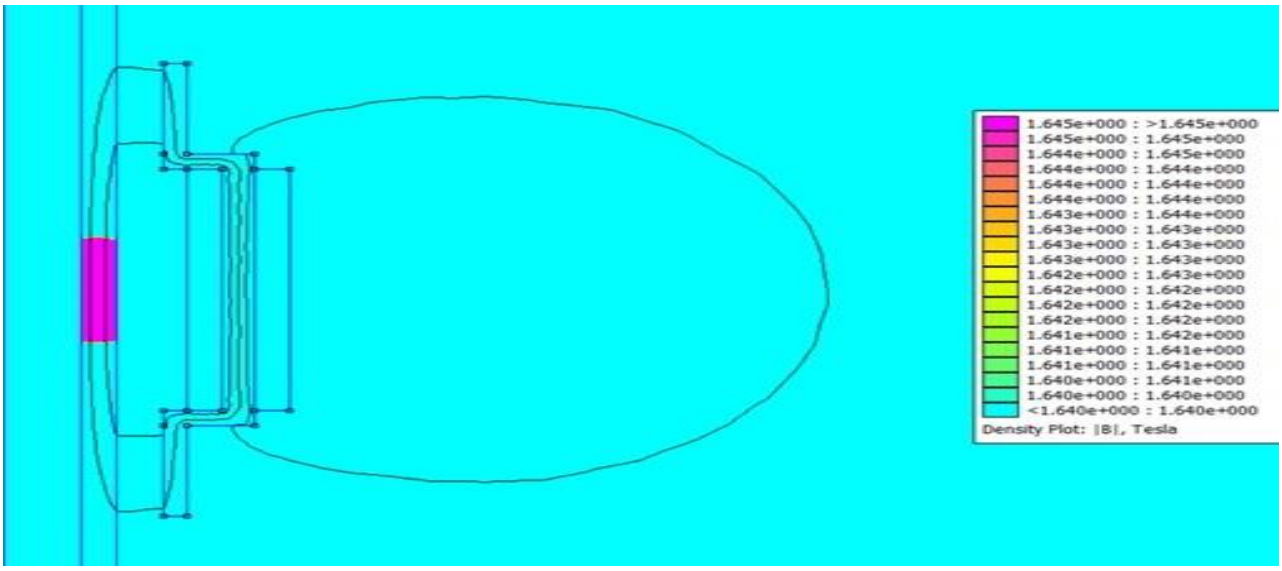


Рис. 1. Результаты решения осесимметричной задачи в пакете FEMM

Масса медного проводника в данной модели будет отличаться от реальной, поскольку в реальной системе намагничивания медный проводник будет располагаться вокруг отдельных сердечников цилиндрической формы, изготовленных из магнитомягкого материала.

Работа выполнена в рамках Г.р.№ АААА-А18-118020690196-3 (шифр «Диагностика»).

1. Патент на полезную модель RU 158546 U1, 10.01.2016. Заявка № 2015119979/28 от 26.05.2015.
2. http://oktanta-ndt.ru/ru/pipescope-60-170/

БЛОК ПИТАНИЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОСПИННИНГА

Миронов А.А.[1], Хохлов К.О.[1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Физико-технологический институт, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: andrew742998@gmail.com

POWER SUPPLY UNIT FOR ELECTROSPINNING MACHINE

Mironov A.A.[1], Khokhlov K.O.[1]
[1)] Ural Federal University, Institute of Physics and Technology, Yekaterinburg, Russia

In this work the high voltage power supply for application in the electospinning was developed. The device allows constant voltage up to 30 kV with pulsation coefficient below 0,1 %. The intended use is electrospinning of sensory materials containing fluorescent dyes and nanoparticles.

Электроспиннинг — способ получения полимерных нитей диаметром вплоть до 100 нм из раствора в высоковольтном электрическом поле. Полученные волокна используются для фильтрации газов и растворов, в фотонных и электрических преобразователях энергии, как полимерные каркасы для размещения сенсорных и терапевтических веществ. Для использования метода требуется высокое стабильное напряжение, подаваемое на электрод. В данной работе был разработан блок питания для создания выходного напряжения 30 кВ при коэффициенте пульсаций менее 0,1%. Для его получения применяется высокочастотное преобразование напряжения лабораторного источника, увеличение амплитуды импульсов на повышающем трансформаторе и применение схемы Кокрофта — Уолтона для создания постоянного высокого напряжения.

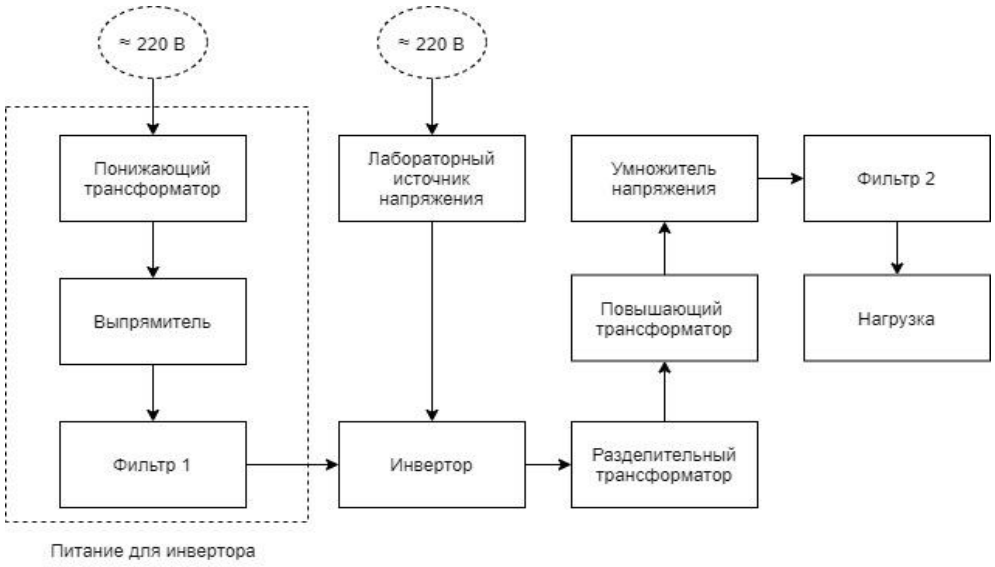


Рис. 1 Структурная схема блока питания для установки электроспиннинга

Структурно блок питания состоит из преобразователя сетевого напряжения, инвертора, разделительного трансформатора, силового импульсного повышающего трансформатора, умножителя напряжения, фильтра пульсаций. Схема выполнена с целью импортозамещения на основе широкодоступных компонентов отечественного производства.

Блок питания работает следующим образом.

– схема преобразования сетевого напряжения питает драйвер полумостового инвертора;

– инвертор – преобразует постоянное напряжение с лабораторного источника питания в переменное высокочастотное;

– разделительный трансформатор – позволяет развязать потенциал инвертора и повышающую часть БП;

– силовой импульсный повышающий трансформатор увеличивает амплитуду импульсов с инвертора в 20 раз;

– умножитель напряжения выступает в роли выпрямителя и увеличителя выходного напряжения;

– фильтрующий элемент уменьшает коэффициент пульсаций до требуемого значения.

Опытный образец БП протестирован для применения в установке электроспиннинга. Установка используется в создании сенсорных материалов с применением люминофоров веществ и наночастиц для детектирования экотоксикантов в жидкой и газовой фазах.

Авторы выражают благодарность Барановой А. А. и Чувашову Р. Д. за поддержку в выполнении работы.

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному [Текст] / Б.Ю. Семенов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 416 с.
2. Иванов-Цыганов А. И. Электро-преобразовательные устройства РЭС [Текст]/ А.И. Иванов-Цыганов. – М.: Высш. шк. 1991. – 272 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ МАГНИТОРАЗВЕДКИ НА ПЕРЕВАЛЕ ДЯТЛОВА С ПОМОЩЬЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МАГНИТОМЕТРА ГРАДИЕНТОМЕТРА MMPOS-2GPS

Алексеенков А.А.[2], Кунцевич Ю.К.[2], Нархов Е.Д.[1],
Сапунов В.А.[1], Сергеев А.В.[1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)]) Фонд "Памяти группы Дятлова"
E-mail: narhoved.ftf@gmail.com

RESULTS OF A PRELIMINARY MAGNETIC SURVEY AT DYATLOV PASS USING A PROFESSIONAL MMPOS-2GPS OVERHAUSER MAGNETOMETER GRADIOMETER

Alekseenkov A.A.[2], Kuntsevich Yu.K.[2], Narkhov E.D.[1],
Sapunov V.A.[1], Sergeev A.V.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Found "In memory of the Dyatlov group"

Annotation. Dyatlov Pass is known as the site of the deaths of students in 1959. Earlier reconnaissance was conducted by amateurs, which stimulated the use of a professional MMPOS-2 magnetometer. The results are presented in the report. A location with an elevated magnetic gradient was detected.

Перевал Дятлова известен как место таинственной гибели девяти уральских студентов при туристической экспедиции 1959 года. Причины и обстоятельства до сих пор вызывают повышенный интерес, ожесточённые споры [1] и научные исследования [2]. На перевале Дятлова проводились геофизические поиски, большинство из которых нельзя охарактеризовать как профессиональные по аппаратуре и методам, а первичные данные малодоступны. Наличие в УрФУ опыта геологоразведочных и поисковых магниторазведочных работ и профессионального магнитометра – градиентометра MMPOS-2 GPS, разработанного и производимого лабораторией квантовой магнитометрии физико-технологического института УрФУ стимулировало сотрудничество с фондом Дятлова к апробации магнитометра, обучению участников экспедиции фонда с последующей обработкой полученных полевых данных, то есть записей модуля индукции и градиента геомагнитного поля, привязанных к географическим координатам.

Магнитометр состоит из полевого регистратора DLPOS, который записывает координаты, полученные по цифровому порту от GPS-приёмника Garmin 78 и измерения от процессорного оверхаузеровского сенсора POS. Магнитометр-градиентометр POS-2 сертифицирован и внесён в реестр средств измерений РФ [3]. Принцип действия основан на измерении частоты прецессии протонов рабочего вещества в геомагнитном поле, намагниченность которых усилена за счёт квантового эффекта Оверхаузера. Измеряется модуль вектора геомагнитного

поля, который не зависит от ориентации датчиков. Алгоритмы обработки сигнала, устойчивость к градиентам и контроль чувствительности научно обоснованы [4] и соответствуют или превосходят мировые аналоги. Магнитометр MMPOS широко используется в России и поставляется зарубеж.

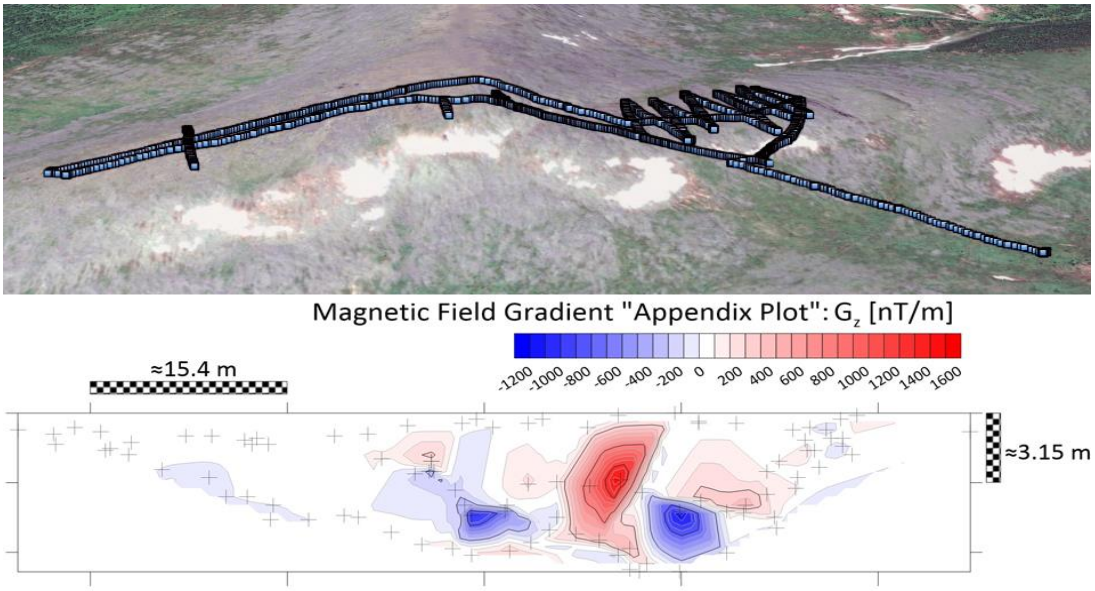


Рис. 1. GPS оператора магниторазведчика и магнитная карта аномального объекта.

Исходя из гипотезы о возможном сходе снежной лавины [2], начало которой стимулировалось сейсмическими явлениями при наличии геологических разломов или неким внешним воздействием, что могло оставить магнитные следы, были спланированы рекогносцировочные маршруты по вершинам хребтов на Перевале Дятлова с уточняющими площадными съёмками при наличии выраженных особенностей (аномалий). На рисунке представлены GPS-треки оператора поисковика и магнитная карта, построенная на месте ярко выраженной аномалии градиентов геомагнитного поля уровня 1000 нТл/метр на фоне окружающих 0-10 нТл/метр. Интерпретации карты для уточнения геологического происхождения или размеров и глубины залегания источника возмущения геомагнитного поля не проводилась из-за недостаточно подробной площадной съёмки, обусловленной сложностью рельефа, но интерес вызывает, что данная площадка с аномально высокими градиентами находится выше места гибели туристов группы Дятлова. Предполагается необходимость дальнейших детальных исследований.

1. D. Kurakin, American Journal of Cultural Sociology 7(1), 101–127 (2019).
2. J. Gaume and A.M. Puzrin, Commun Earth Environ 2, 10 (2021).
3. Federal information fund for ensuring the uniformity of measurements (Electronic resource, URL: https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/1383594, accessed 01.02.2021).
4. A.Yu. Denisov, V.A. Sapunov and O.V. Dikusar, Geomagnetism and Aeronomy 39(6), 737–742 (1999).

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Неклюдов А.Л.[1], Ромащенко М.А.[2], Рожненко С.Н.[3]
[1)] Факультет радиотехники и электроники, кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры, Воронежский государственный технический университет
394026 г. Воронеж, Московский проспект, 14
[2)] Факультет радиотехники и электроники, кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры, Воронежский государственный технический университет
394026 г. Воронеж, Московский проспект, 14
[3)] АО ВЦКБ «Полюс» 394019, Россия, г. Воронеж, ул. Краснодонская, 16Б
E-mail: an.necludow@yandex.ru

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE EFFECT OF ELECTROSTATIC DISCHARGE ON THE FUNCTIONING OF ELECTRONIC DEVICES

Neklyudov A.L.[1], Romashchenko M.A.[2], Raininko S.N.[3]
[1)] Faculty of Radio Engineering and Electronics, Department of Design and Production of Radio Equipment, Voronezh State Technical University
394026 Voronezh, Moskovsky Prospect, 14
[2)] Faculty of Radio Engineering and Electronics, Department of Design and Production of Radio Equipment, Voronezh State Technical University
394026 Voronezh, Moskovsky Prospect, 14
[3)] JSC VTSKB "Polyus" 394019, Russia, Voronezh, Krasnodonskaya str., 16B

At present, with the constant increase in the number of electronic devices, there are many problems with ensuring their electromagnetic compatibility (EMC).The article describes a method for assessing the effect of electrostatic discharge on the functioning of electronic devices

Электростатический разряд (ЭСР) является наиболее частым фактором снижения эффективности использования электронных средств (ЭС), поэтому задача анализа ЭМС ЭВС при воздействии электростатическим разрядом является актуальной, и решение данной проблемы должно проводится, не только путем экспериментальных исследований, но и физических испытаний, с возможностью прогнозирования последствий воздействия электростатического разряда ещё на этапе макетирования.

Структурная схема методики оценки влияния электростатического разряда на функционирование электронных средств, показана на Рис. 1.

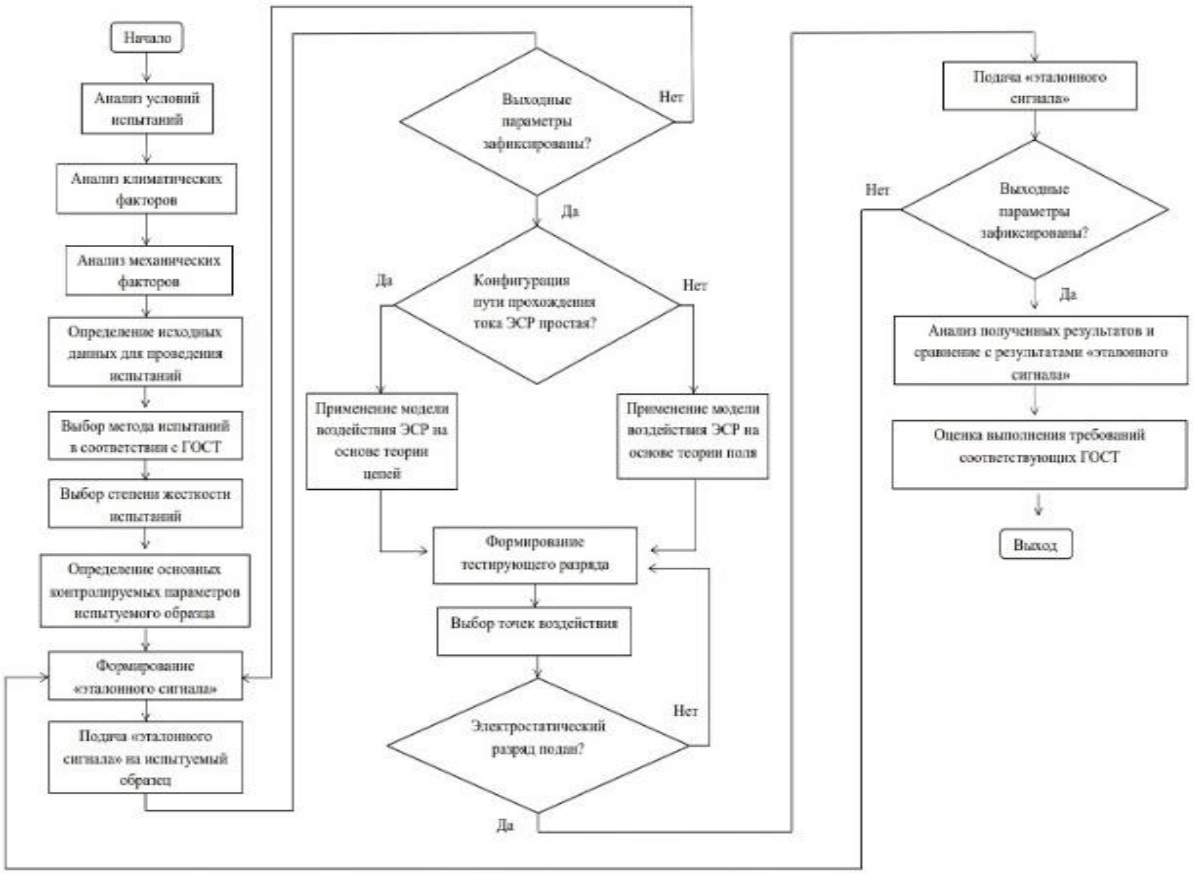


Рис. 1. Структурная схема методики оценки влияния электростатического разряда на функционирование электронных средств

Проведение испытаний РЭС по данной методике основывается на анализе требований технического задания заказчика и требований регламентирующих стандартов для проведения данного типа испытаний (ГОСТ Р 51317.4.2-99,ГОСТ 30804.4.2.-2013). Отличительной особенностью данной методики оценки, является формирование «Эталонного сигнала». Эталонный сигнал - последовательность импульсов, которая подается на испытуемый образец и снимается с его выходов без воздействия ЭСР. Данная операция проводится с целью проверки работоспособности тестируемого изделия и последующего сравнения выходных сигналов при «нормальной» работе РЭУ, с выходными параметрами при воздействии электростатическим разрядом.

Для последующего проведения испытаний по данной методике необходимо провести конфигурацию пути прохождения тока электростатического разряда. Данная операция необходима для прогнозирования прохождения устройством данного типа испытаний и заключения о рациональности тестирования испытуемого образца ЭСР определенного уровня и частоты. После получения результатов моделирования, их необходимо сравнить требованиями помехоустойчиво-

сти различных типов цифровых элементов используемых в РЭС, после чего сделать заключение о работоспособности устройства и целесообразности дальнейшего испытания.

Далее необходимо выполнить подбор точек через которые будет проводится электростатическое воздействие и сформировать тестирующий ЭСР. В процессе подачи электростатического разряда на испытуемый образец и прекращения его воздействия, производится динамическая запись выходных параметров «эталонного сигнала» для дальнейшей обработки результатов и сравнения с данными прохождения «эталонного сигнала» полученными при проведении предыдущих операций.

Уже на этапе окончания внешних воздействий ЭРС на тестируемый образец РЭС по критериям качества РЭ, можно судить о форме его функционирования, сохранения им работоспособности и прохождения испытаний.

Данная методика отличается принципиально иным подходом к испытаниям по воздействию электростатического разряда, а приведенная выше методика повышает качество проводимых испытаний и измерений, а также повышает воспроизводимость подобных опытов. Программно-аппаратный комплекс основанный на данной методике тестирования позволит проводить испытания радиоэлектронных устройств ещё на этапе макетирования и проследить поведение испытуемого изделия в динамике.

1. M. A. Romashchenko, D. V. Vasilchenko, A. L. Neklyudov, V. V. Glotov, T. S. Glotova, Near-field electric field scanner for double-sided and multilayer printed circuit boards Patent for utility model RU 189820, 05.06.2019. Application no. 2019108722 dated (26.03.2019).
2. Seimova, D.S., Vasilchenko, D.V., Necludov, A.N., Rozhenko, S.N., Romaschenko, M.A. Software - Hardware complex for assessing the effect of an electrostatic discharge on electronic devices AIP Conference Proceedings 2313, 060039 (2020).
3. Vasilchenko, D.V., Necludov, A.N., Seimova, D.S., Romaschenko, M.A., Rozhnenko, S.N. Software - Hardware complex for testing electronic means for the action on electromagnetic interference. AIP Conference Proceedings, 2313, 060030 (2020)
4. Kechiev L. N., Pozhidaev E. D. Protection of electronic devices from the effects of static electricity. Moscow:Publishing House "Technologies" pp. 265-291. (2005).
5. Ker M., Chen T. Design on the Turn-on Efficient Power-rail ESD Clamp Circuit with Stacked Poly-silicon Diodes // ISCAS. C. 758–761. (2001).

УСТОЙЧИВОЕ К ВХОДНОМУ ШУМУ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТНОГО ДЕФЕКТА ФЕРРОМАГНЕТИКА

Никитин А.В.[1], Попов С.Э.[1], Михайлов А.В.[1, 2], Губанов Я.В.[2]
[1)] Институт физики металлов УрО РАН имени М.Н. Михеева, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: an@imp.uran.ru

GEOMETRY RECOVERY OF SURFACE FLAW OF FERROMAGNETICS WITH RESISTANT TO INPUT NOISE

Nikitin A.V.[1], Popov S.E.[1], Mikhaylov A.V.[1, 2], Gubanov Ya.V.[2]
[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Science
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The components of magnetic field of flaw in metal were reconstructed by using measured ones on the defect-free surface of metal. A method, resistant to errors in input data, for recovering of surface flaw of arbitrary shape is presented.

На плоскости y=0 представим полоску магнитомягкого ферромагнетика. Из магнитомягких ферромагнетиков изготавливают, в частности, бурильные трубы, трубы магистральных газо- и нефтепроводов. Длина полоски по оси абсцисс (ось OX) намного превышает высоту полоски по оси ординат (ось OZ). Выше и ниже полоски находится «воздух», то есть среда с относительной магнитной проницаемостью равной единице. Будем учитывать нелинейный характер зависимости B(H) для ферромагнетика. Верхняя поверхность металла не содержит дефекта, дефект потери сплошности металла расположен на нижней поверхности металла. Приложив внешнее однородное магнитное поле величиной 200-500 Э по направлению вдоль оси абсцисс мы обнаружим магнитное поле рассеяния от дефекта в воздухе над верхней бездефектной поверхностью. Подобная конфигурация дефектов и преобразователей магнитного поля характерна для исследования бурильных труб и труб магистральных трубопроводов в местах их эксплуатации. В случае бурильных труб магнитные преобразователи находятся снаружи трубы, а дефекты, обусловленные действием бурового раствора, внутри трубы. Для магистральных трубопроводов характерна обратная ситуация - магнитные преобразователи устанавливают на внутритрубном дефектоскопе, а дефекты метала образуются на наружней поверхности трубы. Характерный размер стенки трубы составляет 10 мм. С учетом этого были проведены численные эксперименты в пакете программ FEMM по «измерению» магнитного поля над поверхностью полоски металла (на расстоянии 2-5 мм от металла). В работах [1-2] подробно описан механизм восстановления поля с уровня измерений в воздухе над поверхностью металла вниз к поверхности металла и далее восстановления магнитного поля в металле, а также последующее численное решение дифференциального уравнения для нахождения силовой линии магнитного поля, которая достаточно

точно описывает плавные поверхностные дефекты произвольной формы. Недостатком метода является плохая устойчивость полученной таким образом силовой линии к шумам, т.е. к ошибкам в измерениях, возникающим при практической реализации данного метода. Добавление 2% однородного шума во входные данные приводят к невозможности использования этого метода. В данной работе показано, что более хорошей устойчивости (при добавлении шума до 5%) можно добиться следующим способом. Введем на плоскости ферромагнетика прямоугольную сетку с линиями параллельными осям OX и OZ. Будем вычислять силовую линию, как кривую, наилучшим образом (в смысле среднеквадратичного отклонения) удовлетворяющую углам наклона HZ/HX в узлах сетки (размером LxM), где HZ и HX это нормальная и тангенциальная компоненты вектора напряженности магнитного поля соответственно. На Рис.1 показана такая кривая, описывающая поверхностный дефект при однородном шуме входных данных в 5%.

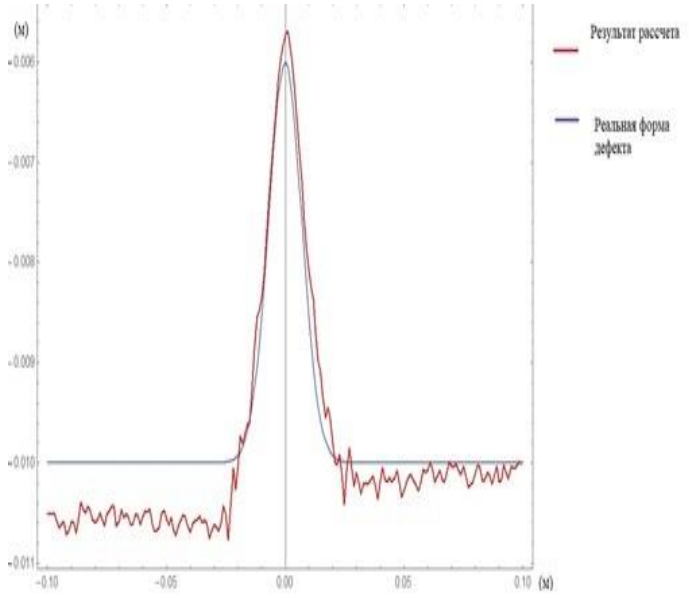


Рис. 1. Кривая, описывающая поверхностный дефект при однородном шуме входных данных в 5%.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Диагностика» Г.р. № АААА-А18-118020690196-3

1. Solving the Inverse Geometric Problem of Magnetostatics for Corrosion Defects/ Yu.L.Gobov, A.V.Nikitin, S.E.Popov // Russian journal of nondestructive testing. — 2018. — V. 54. — P. 726—732.
2. Solving the Inverse Geometric Problem of Magnetostatics for Corrosion Defects with Allowance for Nonlinear Properties of Ferromagnet/ Yu.L.Gobov, A.V.Nikitin, S.E.Popov// Russian journal of nondestructive testing. — 2018. — V. 54. — P. 849—854.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТАНДАРТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ФОРСТЕРА

Орлов К.Е.[1], Куртеев А.В.[1], Балдин А.М.[1],
Севастьянов М.М.[1], Ташлыков О.Л.[1]
[1)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург
E-mail: konstantin_orlov_98@mail.ru

INVESTIGATION OF STRESS-STRAIN BEHAVIOR OF STANDART CONSTRUCTION METAL STRUCTURES USING FORSTER METHOD

Orlov K.E.[1], Kurteev A.V.[1], Baldin A.M.[1], Sevastyanov M.M.[1], Tashlykov O.L.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg

In this study results of experimental investigation of stress-strain behavior of metal structures using designed and constructed device operation principle, which is based on Forster effectare, is shown.

Важную роль в обеспечении безопасности промышленных объектов, в том числе объектов использования атомной энергии (ОИАЭ), в своевременном принятии мер по предотвращению отказов и аварийных ситуаций играют системы диагностики и мониторинга состояния оборудования, трубопроводов и сооружений на всех этапах их жизненного цикла [1] [2]. Диагностирование металлоконструкций и оборудования энергетических объектов должно осуществляться в процессе их сооружения, эксплуатации и ремонта и должно быть направлено на решение задач определения эксплуатационного состояния объекта, поиска мест концентрации механических напряжений, прогнозирования их технического состояния.

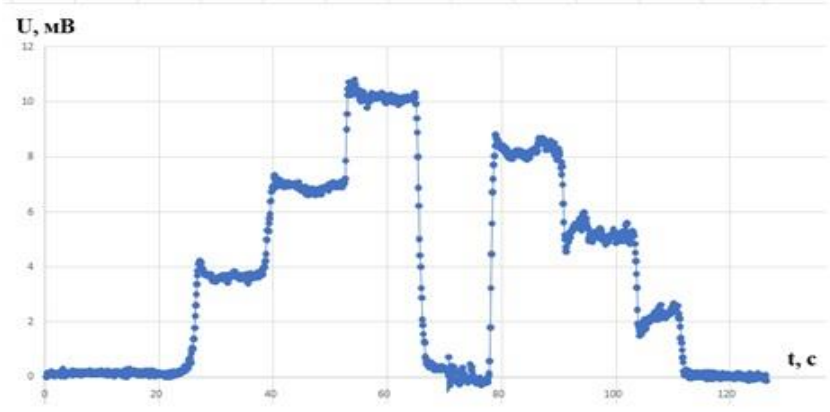


Рис. 1. Зависимость показаний системы мониторинга от времени нагружения

Поддержание надежности металлоконструкций и технологического оборудования при системном подходе к решению этой задачи (управление их техническим состоянием) при эксплуатации включают: регулярный контроль за их состоянием, плановое периодическое или неплановое (при ухудшении состояния)

воздействие на объекты промышленности в целях устранения выявляемых недопустимых изменений в их состоянии – восстановление их исправности и возобновление ресурса, анализ и оценку эффективности (качества) управления их состоянием [3].

Данные задачи могут быть решены при использовании метода магнитного контроля напряженно-деформированного состояния (НДС) металла, основанного на эффекте Форстера, согласно которому магнитная проницаемость металла конструкции зависит от направления и интенсивности действующих в образце механических напряжений [4].

Было спроектировано и изготовлено устройство для локального мониторинга напряженно-деформированного состояния металла, а также проведены его экспериментальные исследования на различных металлоконструкциях, в том числе на металлической пластине шириной 150 мм и длинной 600 мм соответственно (рис. 1). По результатам исследований были получены графические зависимости показаний системы мониторинга НДС от времени, в течение которого менялась нагрузка на контролируемом объекте.

Как видно из графика, в моменты приложения (изменения) силового воздействия на пластину отчётливо видны скачки нагрузки, кроме того, можно наблюдать стабильность показаний системы мониторинга. После снятия нагружения регистрируемая величина возвращается к нулевому значению.

Составлена зависимость показаний устройства мониторинга от действительных значений механических напряжений в пластине.

Экспериментальные исследования подтвердили работоспособность системы мониторинга и отсутствие намагничивания образца. Различие результатов эксперимента и расчёта не превышает 0,4%.

В работе проведено исследование стандартных металлоконструкций, используемых в промышленности, выведены зависимости показаний устройства мониторинга от действительных значений механических напряжений в исследуемых образцах.

1. Tashlykov O.L., Shcheklein S.E. Ecological foresight in the nuclear power of XXI century International journal of energy production and management 2016 1(2) 133-140.
2. Nosov Y.V., Rovneiko A.V., Tashlykov O.L., Shcheklein S.E. Decommissioning Features of BN-350, -600 Fast Reactors Atomic Energy. 2019 125(4) 219-223
3. Исследования по физике металлов и неразрушающим методам контроля. Под ред. Акулова Н.С., Минск.: Наука и техника, 1968. – 355 с.
4. Ирмякова Н.Р. Определение работоспособного состояния участков стальных трубопроводов по электромагнитным диагностическим признакам.– Дисс. канд. техн. наук. – Уфа, 2002. – 137 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ МАГНИТНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ СТАЛЬНОГО ПРОКАТА

А.Б.Пастухов[1], А.С. Шлеенков[1], С.А. Шлеенков[1], Я.В.Губанов[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: s11150@yandex.ru

PRACTICAL IMPLEMENTATION OF THE ALGORITHM FOR PROCESSING SIGNALS OBTAINED BY MAGNETIC FLAW DETECTION OF ROLLED STEEL

A.B. Pastukhov[1], A.S. Shleenkov[1], S. A. Shleenkov[1], Y.V. Gubanov[2]
[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Yekaterinburg, Russia.
[2)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia.

Various mathematical methods are used to process the signals obtained by using magnetic flaw detection of rolled steel. In the article, a method for increasing the resolution of magnetic flaw detection is proposed.

Для обработки сигналов, полученных при использовании магнитной дефектоскопии стального проката, используются различные математические методы. В статье [1] предложен метод для повышения разрешающей способности магнитной дефектоскопии. Электрические сигналы были получены на лабораторной установке с применением анизотропных магниторезистивных датчиков типа АМРД [2].

Основной проблемой при обработке сигнала, является получение исходных данных с лабораторной установки в понятной для анализа форме. Исходные данные представляли собой вид неструктурированного файла. Сигнал является шумоподобным на малых отрезках времени. Перед применением метода [1] необходимо произвести предварительную обработку.

После обработки этого массива данных, они были перемещены в пакет Excel и результат сканирования воспроизведен в данном пакете показан на Рис. 1.

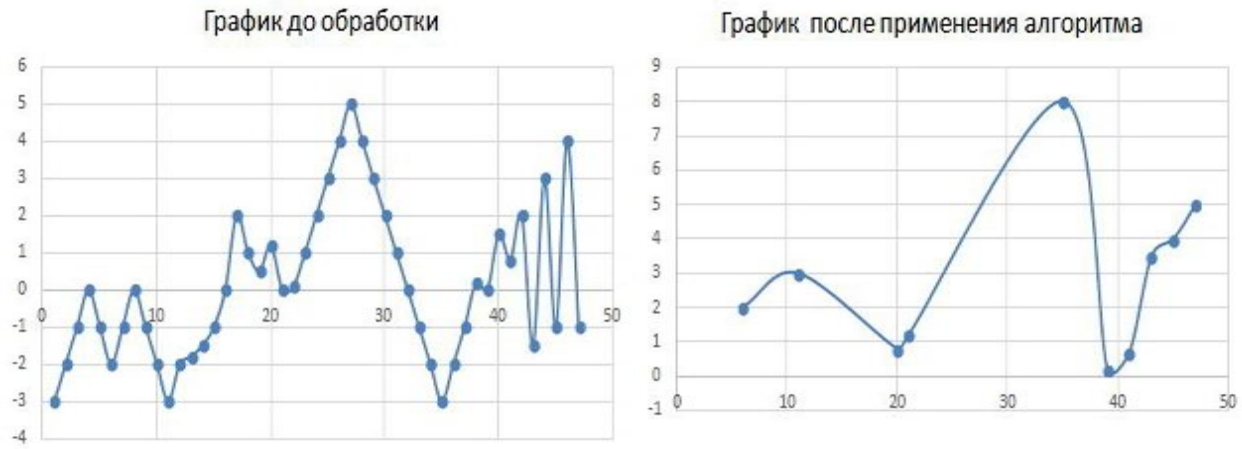


Рис. 1. Фрагмент графика данных сканирования

Значения отсчётов внутри окна сортируются в порядке возрастания (убывания). Значение, находящееся в середине упорядоченного списка, поступает на выход. В случае чётного числа отсчётов в окне выходное значение равно среднему значению двух отсчётов в середине упорядоченного списка. Окно перемещается вдоль сигнала и вычисления повторяются.

После применение отбора по предложенному методу данный график на Рис. 1 приобретает более простую форму, которая позволяет более наглядно отделить полезный сигнал от шумов. Как видно из графика помехи исчезли, а полезный сигнал остался. Показан простейший способ применения данного алгоритма.

Практическая реализация данного метода возможна стандартными средствами персонального компьютера в пакете Excel. Дальнейшая обработка подготовленного сигнала по методу [1] позволит добиться еще большого соотношения сигнал шум.

1. Булычев О.А. Шлеенков С.А. Шлеенков А.С. Многоканальная магниторезистивная система магнитного контроля бесшовных толстостенных труб // Дефектоскопия. – 2018. - №11. – С. 3 – 13.
2. Булычев О.А. Шлеенков А.С. Двухкомпонентный матричный преобразователь магнитного поля // Патент на изобретение № 2290654,опубл. 27.12.2006.Бюл. № 36.

МОЩНЫЙ ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ГЕНЕРАТОР НА MOSFET-ТРАНЗИСТОРАХ

Патраков В.Е.[1], Лисовский Д.А.[1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: vitpatrakov@gmail.com

HIGH-POWER RADIO FREQUENCY GENERATOR USING MOSFETS

V.E. Patrakov[1], D.A. Lisovsky[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Radio frequency (RF) energy is widely used in various fields. Traditional construction of transistor-based RF generators utilizes specialized costly RF transistors. In this study an RF generator has been constructed using standard non-specialized MOSFETs and Current Mode Class D circuit.

Высокочастотная энергия находит широкое применение в различных областях науки и промышленности. Радиоволны мегагерцового диапазона используются в различных технологических процессах, например в системах плазменного обеззараживания [1]. Обычно генераторы высокочастотной энергии выполняются на основе электронных ламп или высокочастотных транзисторов [2]. Транзисторные генераторы компактны, удобны в использовании и обладают повышенным КПД, но обычно конструируются на основе специализированных высокочастотных транзисторных сборок, что значительно повышает стоимость генератора.

В нашей работе исследовалась возможность создания мощного ВЧ генератора на основе неспециализированных полевых (MOSFET) транзисторов широкого применения. Отдельные модели современных полевых транзисторов обладают временами переключения и задержки порядка единиц и десятков наносекунд, а также низким зарядом затвора. Это может позволить им генерировать значительную мощность на мегагерцовых частотах промышленного высокочастотного диапазона (ISM): 6,78 МГц, 13,56 МГц, 27,12 МГц, 40,68 МГц. При этом чем меньше времена переключения, задержки и заряд затвора транзистора, тем выше может быть его рабочая частота.

В ходе данного исследования был сконструирован высокочастотный генератор на основе полевых транзисторов IRFB4020 фирмы Infineon. Транзисторы выполнены в стандартном корпусе TO-220AB и обладают следующими параметрами: максимальное напряжение сток-исток 200 В, максимальный непрерывный ток стока 18 А, время нарастания/спада 12/6,3 нс, время задержки включения/выключения 7,8/16 нс, заряд затвора 18 нКл. Исходя из этих параметров, рабочей частотой генератора была выбрана 13,56 МГц.

Для обеспечения наивысшего КПД генератор выполнен по ключевой двухтактной схеме CMCD (Current Mode Class D, рис. 1), которая обеспечивает переключение транзисторов в ноле напряжения и подавление высших гармоник выходного сигнала [1]. Тактовый сигнал с частотой 13,56 МГц усиливается высокоскоростными микросхемами управления затворами и обеспечивает на затворах транзисторов прямоугольные сигналы. При этом коэффициент заполнения управляющих сигналов подобран так, чтобы обеспечить необходимое мертвое время (dead-time) между переключениями транзисторов, и таким образом снизить возникающие на них перенапряжения.

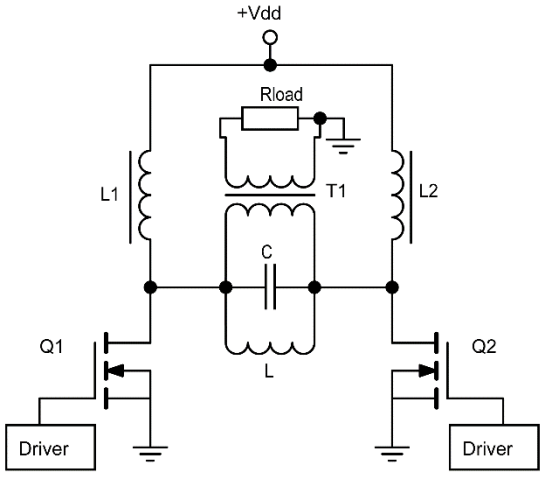


Рис. 1. Схема CMCD. L1, L2 – высокочастотные дроссели, Q1, Q2 – полевые транзисторы, L, C – элементы фильтрующего контура, T1 – согласующий трансформатор, Rload – сопротивление нагрузки

Сконструированный генератор обеспечивает необходимую мощность на нагрузке 50 Ом, что упрощает согласование и позволяет использовать стандартные высокочастотные 50-омные компоненты.

1. Tetsuya Akitsua, Hiroshi Ohkawaa, Masao Tsujib, Hideo Kimurab and Masuhiro Kogomac, Surface and Coatings Technology 193, 29 – 34 (2005).
2. Anita Gupta, Yogesh Arondekar, S. V. G. Ravindranath, H. Krishnaswamy and B. N. Jagatap, 2013 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, 1-4 (2013).

РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРОВ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ (ПЛИС)

Пирогов А.А.[1], Пирогова Ю.А.[1], Гвозденко С.А.[1],
Шардаков Д.В.[1], Макаров О.Ю.[1]
[1)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
E-mail: pirogov.alx@gmail.com

DEVELOPMENT OF PSEUDORANDOM SEQUENCE GENERATORS USING PROGRAMMABLE LOGIC INTEGRATED CIRCUITS (FPGAS)

Pirogov A.A.[1], Pirogova Y.A.[1], Gvozdenko S.A.[1],
Shardakov D.V.[1], Makarov O.Y.[1]
[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

This study examines the circuits of digital automata, as well as generators of pseudo-random sequences, which are used in cryptography problems, where the properties of the programmable FPGA structure are quite relevant.

Целью работы является разработка сложно-функционального блока устройства генерирования псевдослучайных кодовых комбинаций на основе регистров с линейной обратной связью. Работа включает построение RTL описания и проведение верификации.

Генератор псевдослучайной последовательности Фибоначчи трехразрядного двоичного кода, выполненный на основе регистра сдвига, с использованием JK-триггеров с асинхронными входами сброса и установки представлен на рисунке ниже.

Основываясь на выражении обратной связи и таблице кодовых комбинаций последовательности Фибоначчи получаем, что внутреннее состояние на седьмом шаге вернулось к исходному при условии, что начальное состояние регистра сдвига равно единице. Поэтому начиная со следующего шага, будет идти повтор бит кодов. На рисунке также представлена временная диаграмма модели генератора псевдослучайной последовательности Фибоначчи. Из диаграммы видно, что переключение генератора происходит по фронту синхроимпульса (Clk), а полученный код на выходе (Y) модели соответствует исходной таблице кодовых комбинаций последовательности Фибоначчи.

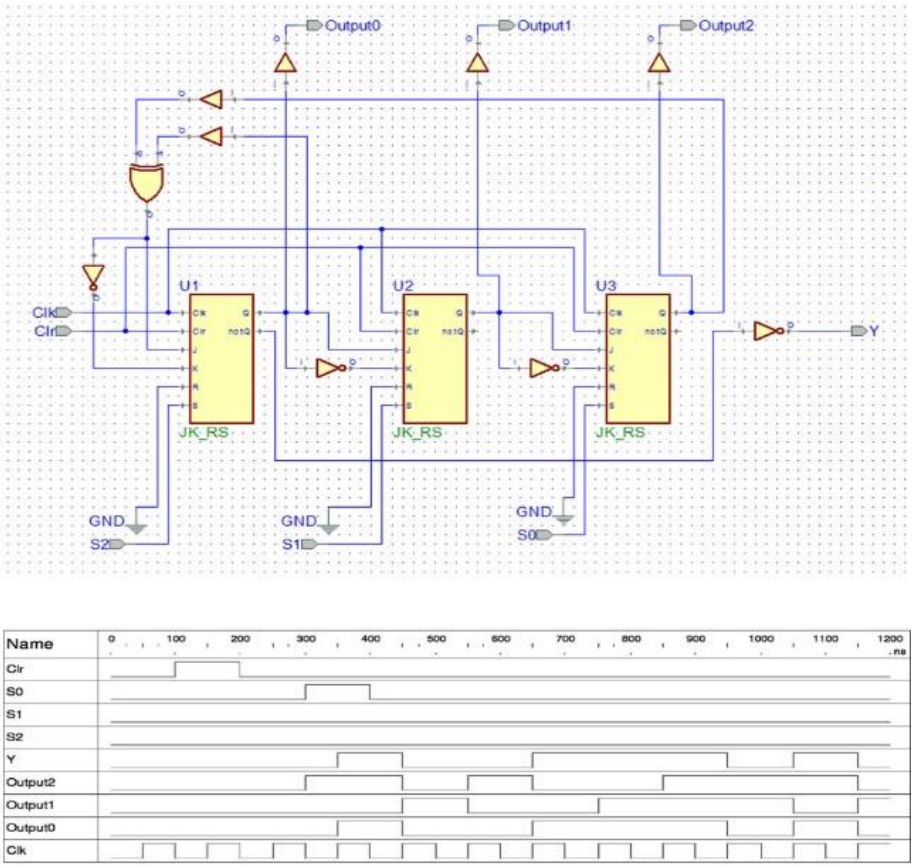


Рис. 1. Генератор псевдослучайной последовательности Фибоначчи

Генератор псевдослучайной последовательности Галуа аналогично построен на основе регистра сдвига. При анализе его работы видно, что внутреннее состояние регистра на седьмом шаге вернулось к исходному, следовательно, его период также как и в прошлом случае равен 7. В отличие от конфигурации Фибоначчи, внутренние состояния регистра получились другие, но генерируемая последовательность совпадает с кодом Фибоначчи, только сдвинута на 4 такта.

1. Башкиров А.В., Свиридова И.В., Муратов А.В. Эффективное многопороговое декодирование недвоичных кодов с предварительной оценкой ошибочности проверок. Вестник воронежского государственного технического университета. 2015. Т.11. №3. с. 99-101.
2. Пирогов А.А. Методы повышения помехозащищенности и эффективности кодирования сетей связи абонентского доступа Вестник воронежского государственного технического университета. 2011. Т.7. №1. С. 162-163.
3. Пирогов А.А., Бочаров Е.А., Сёмка Э.В., Макаров О.Ю. Методика проектирования синтезатора частот прямого цифрового синтеза на базе ПЛИС. Вестник воронежского государственного технического университета. 2018. Т.14. № 6. С. 108-116.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОБРАЗЦА ПРИ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Полетаев Д.А.[1], Соколенко Б.В.[1]
[1)] Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»
E-mail: poletaevda@cfuv.ru

DEVICE FOR MONITORING SAMPLE POSITIONING DURING MICROSCOPIC EXAMINATIONS

Poletaev D.A.[1], Sokolenko B.V.[1]
[1)] V.I. Vernadsky crimean federal university

In this paper the design of a device for detecting the displacement of an object during microscopic studies is proposed. A detailed description of the device is given and an experimental assessment of its parameters is carried out.

Микроскопические исследования на сегодняшний день являются наиболее информативными методами диагностики объектов разного рода. Наиболее точными и востребованными методами являются сканирующие методы микроскопии [1]. Однако прецизионные устройства позиционирования образцов подвержены износу и влиянию внешних мешающих факторов.

Целью работы является конструирование и исследование параметров устройства для отслеживания перемещения образца.

Оптические методы анализа и контроля поверхности, в которых используются интерферометрия и когерентные источники света, весьма перспективны и востребованы [2]. Наиболее помехо- и вибростойкими из них являются основанные на использовании пучков Бесселя и Лагерра-Гаусса [2]. В этих методах измеряется зависимость угла поворота для распределения интенсивности [3]. Интерференционные картины между опорным пучком и объектным вихревым пучком, проходящим через образец, изменяют спиральную линию максимума в зависимости от параметров поверхности образца (толщины, расстояния).

Общая оптическая схема разработанного устройства представлена на рис. 1. На рис. 1 обозначено S – образец, исследуемый каким-либо методом сканирующей микроскопии; He-Ne x – лазер для отслеживаемой координаты по оси x; Hx – компьютерно-синтезированная голограмма для отслеживаемой координаты по оси x; D x – диафрагма для отслеживаемой координаты по оси; Grx – двумерная дифракционная решетка для отслеживаемой координаты по оси x; BS1X и BS2X – светоделительные кубы для отслеживаемой координаты по оси x; Mr1X и Mr2X – зеркала для отслеживаемой координаты по оси x; MOx – микрообъектив для отслеживаемой координаты по оси x; Prx – дополнительная призма для отслеживаемой координаты по оси x; CCDx – камера для отслеживаемой координаты по оси x; соответствующий набор аналогичных перечисляемым компонентам для отслеживания перемещения по осям y и z.

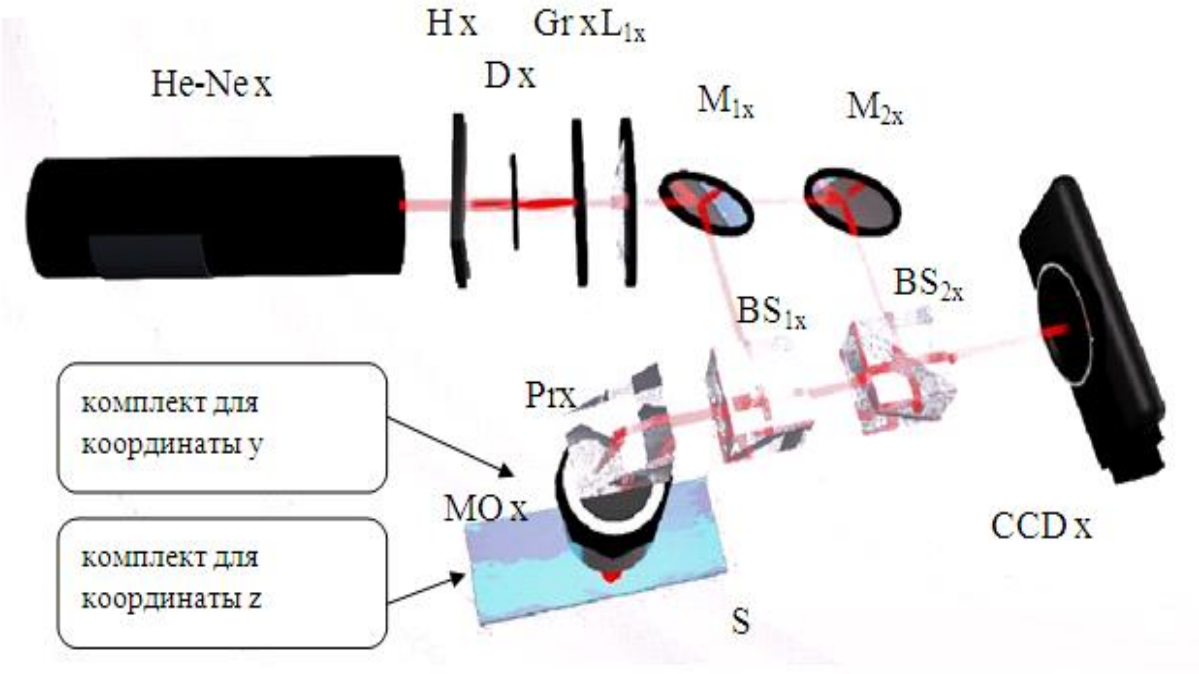


Рис.1. Оптическая схема

Данное устройство работает следующим образом (рассматривается для отслеживания координаты по оси x, остальные функционируют аналогично). Излучение лазера попадает на встроенный в выходную апертуру светоделительного поляризационного кубика фазовый транспарант, формирующий оптический вихрь. Оптический вихрь фокусируется на поверхность исследуемого образца. При этом величина фазового сдвига оптического вихря оказывается пропорциональным перемещению образца. В рабочем режиме данное устройство отслеживает перемещение образца по всем трем координатам, сопоставляя значение перемещения с параметрами, задаваемыми предметным столиком того или иного сканирующего микроскопа. В дежурном же режиме продолжает отслеживать перемещение образца под действием каких-либо внешних возмущений. При обнаружении сдвига образца, устройство подает сигнал о сдвиге образца.

В ходе эксперимента использовались лазеры с длиной волны 632,8 нм. При этом было достигнута точность определения перемещения 5,00 нм с допуском не более 5 %.

На разработанное устройство получен патент на полезную модель [4].

Исследование частично профинансировано в рамках поддержанного Российским научным фондом гранта № 20-72-00065.

1. H.K. Wickramasinghe Progress in scanning probe microscopy. // Acta materialia, 48, p. 347-358 (2000).
2. Bessel beam based optical profilometry / V. Belyi, M. Kroening, N. Kazak, N. Khilo, A. Mashchenko and P. Ropot // Proc. SPIE. – 2005. – 5964. – P. 59640L

3. Влияние амплитудных и фазовых искажений на формирование световых полей с вращением распределения интенсивности / Е.Н. Воронцов, С.П. Котова, Н.Н. Лосевский, Д.В. Прокопова, С.А. Самагин // Краткие сообщения по физике. – 2018. – 45 (3). – С. 9-14.
4. Пат. RU 201310 Российская Федерация, МПК G02B 21/26. Устройство позиционирования образца / Полетаев Д.А., патентообладатель ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского». - № 2020125560; заявл. 27.07.2020; публ. 09.12.2020, бюл. № 34.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ НА КОНТРОЛЛЕРЕ АРДУИНО

Путимцев Н.С.[1], Бахрачева Ю.С.[1]
[1)] Волгоградский государственный университет
E-mail: ibask-202_832977@volsu.ru

SIMULATION OF THE VOLTAGE INVERTER ON THE ARDUINO CONTROLLER

Putimcev N.S.[1], Bakhracheva Yu.S.[1]
[1)] Volgograd State University

The simulation of an autonomous inverter on an Arduino controller is carried out. When studying the dynamics of the inverter, it is possible to build a functional model

В настоящее время с постоянным развитием области силовой электроники возникла проблема качественного управления преобразовательными комплексами. Автономный инвертор напряжения в системе регулирования является нелинейным звеном с дискретно изменяющимися параметрами [1]. В данной работе предлагается модель инвертора напряжения на контроллере Ардуино.

Главной задачей предлагаемого инвертора является, преобразование постоянного тока в переменный. Основная характеристика переменного тока - это постоянная смена его направления за какой-то промежуток времени или по-другому, периодическое изменение полярности электрического поля. Нам необходим выходной ток формы, приближенной к синусоиде. Чтобы это сделать, понадобятся 4 МОП транзистора с напряжением максимального открытия больше или равно 5 вольтам, трансформатор, амперметр, который может кодировать данные в электрический сигнал для дальнейшего считывания программой и микроконтроллер, который будет через определенный промежуток времени открывать и закрывать нужные транзисторы. Для этого мы подключаем затворы транзисторов T1,T2 к аналоговым выводам Ардуино (рисунок 1).

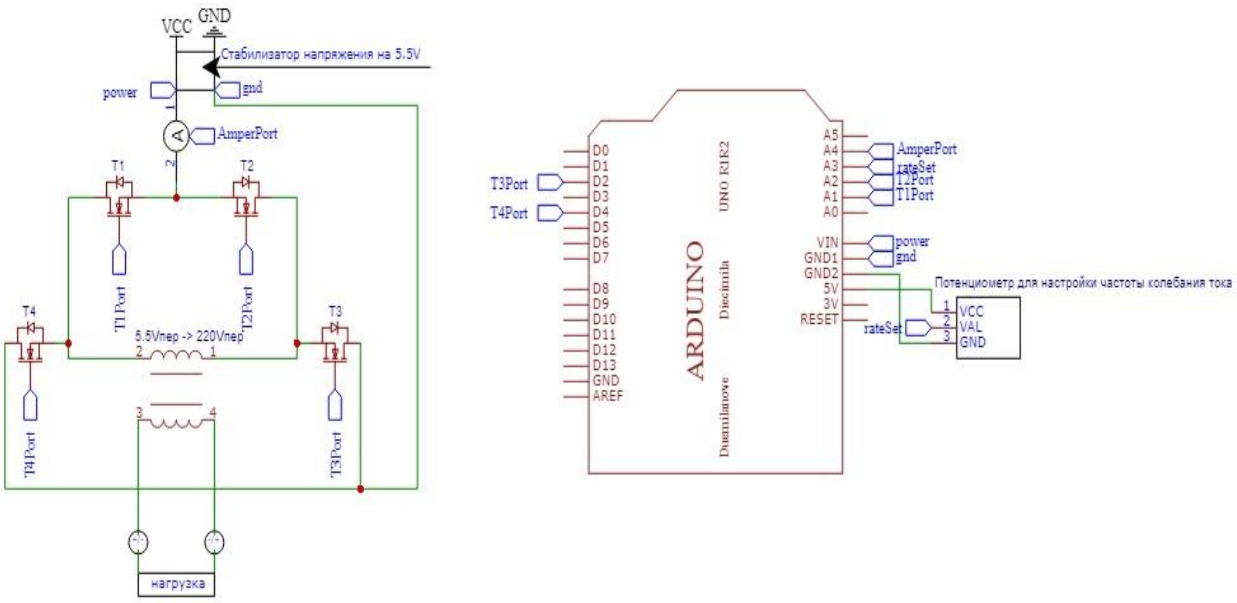


Рис. 1. Схема инвертора напряжения на контроллере Ардуино

Для аналогового сигнала максимальное напряжение приблизительно равно 5 вольтам. Транзисторы T1 и T2 будут служить для выдачи тока, выходное значение которого будет отличаться от входного в зависимости от подаваемого сигнала. Например, если мы подаем на исток какого-либо из этих транзисторов ток в 2 А, то на выдаче мы должны получить ток в 0.1 А.

Транзисторы T3 и T4 будут подключены к цифровым выходам (цифровой сигнал может иметь только 2 состояния: 1 или 0. Т.е вкл. или выкл.). Дальше ток идет на трансформатор с коэффициентом трансформации 40. После чего на выводе получаем синусоидный переменный ток.

Сигнал, который мы подаем на T1 и T2 узнаем исходя из словаря, созданной с помощью дополнительного программы, где ключом является выдаваемый ток, а его значением сигнал, который необходимо подать. Все время работы программы она будет замерять время от начала её работы. Принцип такой: загружаем в это приложение график зависимости выдаваемой силы тока от напряжения для транзисторов, используемых в инверторе (причем нам нужно убрать лишний график для 175 Со, оставив только график для 25Со), алгоритм ищет все возможные значения силы тока в промежутке от напряжения открытия до 5 вольт с шагом равным ΔU/1024 вольт (ΔU-разница между 5 вольтами и напряжением открытия),после чего записывает все эти значения в отдельный файл как словарь для языка C++ (C++ используется для программирования Ардуино), далее копируем данные из текстового файла и вставляем в переменную этого словаря.

Преимущества предлагаемого инвертора перед инверторами на рынке

1. Можно получить почти идеальный синусоидальный ток за небольшую стоимость самого прибора (заводская цена меньше одной тысячи рублей).

2. Компактность

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области в рамках научного проекта № 19-48-340015 р_а.

1. Зиновьев Г. С. Основы силовой электроники: Учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. Ч.1. – 199 с

KINEMATICS AND DYNAMICS OF A ROBOTIC ARM WITH RIGID LINKS

Kuznetsova O.D.[1], Romanovskaia N.D.[2], Berestova S.A.[1], Romanovskaia E.M.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia
E-mail: ndromanovskaya@yandex.ru

The paper investigates the motion of a robotic manipulator with two degrees of freedom.

Using a package of applied programs, a solution was obtained and a study of the movement of the robot was carried out depending on various parameters.

Modern robots and manipulators are fast-acting to meet the required productivity dictated by production technology. High-speed performance assumes the simultaneous movement of the manipulator links.

With the simultaneous movement of the links of the manipulators, the mutual influence of the degrees of mobility arises, as a result of which the driving moments and forces can greatly differ from their laws of change during sequential (not simultaneous) working out of coordinates. The equations of driving moments and forces, as a rule, are rather complicated, and it is either impossible to solve them analytically, or very difficult. Therefore, in the work to solve the equations, a package of applied ones was used.

Equations are drawn up on the basis of Lagrange equations of the second kind. Friction forces and moments of friction forces refer to active forces, since the connections in this case are not ideal. The values of the frictional forces and the moments of the frictional forces are determined from the static equations.

At the first stage, the first problem of dynamics is solved: according to the given motions of the rigid links and the parameters of the system, the laws of changing the driving forces and moments are determined depending on time.

At the second stage, the second problem is solved: the laws of motion of rigid links of the manipulation system are found from the given dependences of the driving forces and moments, the initial conditions and parameters of the system. Next, a study of the movement of the robot was carried out. The obtained solution is analyzed depending on various parameters, the optimal characteristics of the manipulators are selected.

1. Мироненко А.А., Романовская Е.М. Динамика манипуляционной системы с жесткими звеньями. Екатерибург:УрФУ, 2014.-36с.
2. Берестова, С. А., Мамылин, Д. А., & Воронцов, М. А. (2020). Кинематическая модель управления плоским роботом-манипулятором (кривошипно-шатунный механизм): свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. (Патент № 2020610626). Федеральный институт промышленной собственности. https://www1.fips.ru/ofpstor-age/Doc/PrEVM/RUNWPR/000/002/020/610/626/2020610626-00001/document.pdf

ТРАНСФОРМАТОРНЫЙ ВВОД С БУМАЖНО-МАСЛЯНОЙ ВНУТРЕННЕЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ НА 110 КВ

Салыков К.М.[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: kaisar.salykov@mail.ru

TRANSFORMER BUSHING WITH OIL-PAPER INNER 110 KV INSULATION

Salykov K.M.[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 the course of the work, various designs of high-voltage bushings and their production technology at manufacturing plants were studied. An electrical calculation was made for the transformer bushing with oil-paper insulation.

Работа посвящена расчёту трансформаторного ввода с бумажно-масляной внутренней изоляцией на 110 кВ, со 2 степенью загрязненности атмосферы в районе эксплуатации ввода и с наименьшей толщиной в 2 мм между обкладками в бумажно-масляном остове ввода.

Внутренняя бумажно-масляная изоляция – основная конструктивная часть высоковольтного ввода. Бумажно-масляная изоляция представляет из себя изоляционный остов, размещенный в масле. Электроизоляционная бумага наматывается на центральную или намоточную трубу с разделением на слои, с помощью проводящих уравнительных обкладок.

Плюсы вводов с бумажно-масляной внутренней изоляцией в том, что они имеют значительно меньшие габариты и массу, если сравнивать с вводами с маслобарьерной изоляцией. В изоляции используется специальная бумага, с минимальным содержанием золы.

Когда большие токи, около сотен и тысяч ампер, значение напряженности магнитного поля возле токоведущего элемента ввода становится большим. Вихревые токи нагревают до недопустимых температур стальную крышку трансформатора, стенку бака, колпаки вводов и фланцы. Чтобы предотвратить достижение недопустимой температуры у колпаков и фланцев используют вместо стали и чугуна цветные металлы, такие как медь, латунь или алюминий. Чтобы ограничить нагрев крышки обычно делают общее отверстие для двух вводов, которые соединяются с началом и концом обмотки одной фазы, либо делают общее отверстие для трех вводов, которые соединяются с обмотками трех фаз.

В данной работе рассчитаны высоты верхней и нижней фарфоровых покрышек, а также количество ребер ввода; толщина, длина и радиус обкладок. В ходе работы были созданы 3D модели трансформаторного ввода.

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), 7, НЦ ЭНАС, 600 с, (2004).

ПРИМЕНЕНИЕ ВИБРОДЕМПФИРУЮЩИХ ВСТАВОК ДЛЯ КОРПУСОВ ПРИБОРОВ, ЗАЩИТНЫХ КОЖУХОВ И ОГРАЖДЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ИХ ВИБРОВОЗБУДИМОСТИ

Асминин В.Ф.[1], Самофалова А.С.[1, 3], Енин П.В.[2], Попова Н.С.[1]
[1)] Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия
[2)] АО "Газпроектинжиниринг", г. Воронеж, Россия
[3)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
E-mail: samofalova.94@bk.ru

THE USE OF VIBRATION DAMPING INSERTS FOR INSTRUMENT HOUSINGS, PROTECTIVE COVERS AND FENCES IN ORDER TO REDUCE THEIR VIBRATION EXCITABILITY

Asminin V.F.[1], Samofalova A.S.[1, 3], Enin P.V.[2], Popova N.S.[1]
[1)] Voronezh State University of Forestry and Technologies Named After G.F. Morozov, Voronezh, Russia
[2)] AO «Gazproektengineering», Voronezh, Russia
[3)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

In instrument-making and mechanical engineering, thin-walled metal structures (TMK) are widely used, which are used for the manufacture of instrument cases and cabinets for the placement of equipment. In addition, TMK is used for the manufacture of vehicle bodies, protective covers and fences.

В приборостроении, машиностроении широко применяются тонкостенные металлические конструкции (ТМК), которые используются для изготовления корпусов приборов и шкафов для размещения аппаратуры. Помимо этого, ТМК используются для изготовления кузовов транспортных средств, защитных кожухов и ограждений для станков различного целевого назначения.

Такие ТМК, являющиеся частью конструкции технологического оборудования и транспортных средств, постоянно находятся в вибровозбужденном возбуждённом состоянии и становятся мощными источниками и проводниками звуковой вибрации. При этом на рабочих местах в производственных помещениях, а также на водительских и пассажирских местах транспортных средств складываются неблагоприятные условия по шумовому фактору с превышением нормативных значений.

Известно, что наиболее радикальным и рациональным путём борьбы с шумом как с позиций акустической, так и экономической эффективности, является снижение звуковой вибрации в источнике её возникновения [1-4]. Это достигается применением специальных средств вибродемпфирования: вибродемпфирующие покрытия (ВДП) и вибродемпфирующие устройства (ВУ), наносимые на поверхности ТМК, являющихся одновременно источниками и проводниками звуковой вибрации. Однако применение существующих ВДП и ВУ ограничено по ряду

причин: значительное увеличение массы конструкции в целом, сплошное нанесение на демпфируемые поверхности, что ограничивает доступ к поверхности ТМК (например, если это требование вытекает из условий эксплуатации); выраженная температурная зависимость диссипативных свойств. Вследствие этого, были предложены не менее эффективные вибродемпфирующие вставки (ВВ) из эластомеров, крепящиеся в отверстиях перфорации ТМК.

1. Иванов, Н.И., Никифоров А.С. Основы виброакустики. СПб.: Политехника, 2000.
2. П.В. Енин, В.Ф. Асминин. Оценка акустической эффективности штучных вибродемпфирующих вставок. Новое в теоретической и прикладной акустике: Сб. тр. Школы-семинара с международным участием, СПб, 23-24 октября 2003 г. / БГТУ. – СПб, с. 156-158. 2003.
3. P. Enin, V. Asminin, V. Murzinov. Reduction of noise in pneumatic conveyors. Eleventh International Congress on Sould and Vibration, St. Peterburg, Russia 5-8 July, с. 2199-2204, 2004.
4. П.В. Енин, В.Ф. Асминин. Результаты проведения экспериментальных исследований по определению виброакустических свойств штучных вибродемпфирующих вставок. Колебательные, вибрационные, акустические процессы в строительном комплексе и градостроительстве: вестник ВГАСУ/ВГАСУ. – Воронеж,– Вып. 1, с. 74-76, 2005.

МОДУЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА РАДОНА

Семенов И.П.[1], Гордеев Г.С.[1], Ищенко А.В.[1],
Ярмошенко И.В.[2], Жуковский М.В.[1, 2]
[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: semyonov.ilya1998@yandex.ru

CONTROL DEVICE OF THE EXPERIMENTAL SETUP FOR RADON FLUX DENSITY MEASURING

Semenov I.P.[1], Gordeev G.S.[1], Ishchenko A.V.[1],
Yarmoshenko I.V.[2], Zhukovsky M.V.[1, 2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Industrial Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

A device has been developed for controlling the installation for measuring the advective and diffusion radon flux density. The electronic components and block diagram of the developed device are presented. The design features, schematic, interfaces, and software are discussed.

Для прогнозирования радоноопасности участков под строительство необходимо учитывать влияние здания на геологическую среду. Так как возникает градиент давления по высоте здания, в нижней части здания создается разрежение. Данное разрежение передается на грунт, соответственно возникает градиент давления во всей системе «геологическая среда – здание». Здание может работать как насос, закачивая внутрь себя радон. Возникает необходимость учета данного эффекта при оценке радоноопасности [1, 2]. Для этого в ИПЭ УрО РАН была разработана установка [2, 3], которая позволяет учитывать не только диффузионное, но и адвективное поступление радона в здание при измерении ППР.

На данный момент установка содержит в себе следующие составные блоки. Накопительная камера фиксированного объема для имитации жилого здания. Радиометр радона (РРА) для измерения объемной активности радона при помощи электростатического осаждения и полупроводникового детектора. В составе радиометра радона так же присутствует микровоздуходувка для принудительной прокачки воздуха через рабочий объем электростатической камеры, и фильтр дочерних продуктов распада. Основные недостатки прибора РРА заключаются в отсутствии интервального режима измерения с функцией фиксации результатов измерений, отсутствии автоматизированного управления, сложности организации измерений в режиме принудительной конвекции.

Для устранения перечисленных недостатков разработан модуль управления на базе микроконтроллера 1986ВЕ92У (Рис. 1). К модулю МК подключены: расходомер (FS2012), дифференциальный манометр (SDP610-25Pa), датчик температуры и влажности (DHT12) и насос (EC-6010HH12C) для создания искусственной разности давления. Модуль содержит аккумуляторный источник питания, функциональные кнопки и индикацию. Предусмотрены разъемы для подключения питания, интерфейсов USB и JTAG, SD-карты и SIM-карты. Для удаленной связи устройства с серверной базой данных используется GSM-модуль (Quectel M10) и радиочастотный интерфейс. Управление комплексом выполняется специально разработанным ПО, написанным на языке С в среде Keil uVision.

Установка измеряет объемную активность радона с фиксированным временным интервалом, что позволяет использовать прибор РРА для измерения скорости поступления радона. Так же предложенная установка способна измерять плотность потока радона (ППР) в камере с искусственно созданной разностью давления в автоматическом режиме, что позволяет проводить массовые измерения ППР и оценивать радоноопасность участка до стадии строительства объекта.

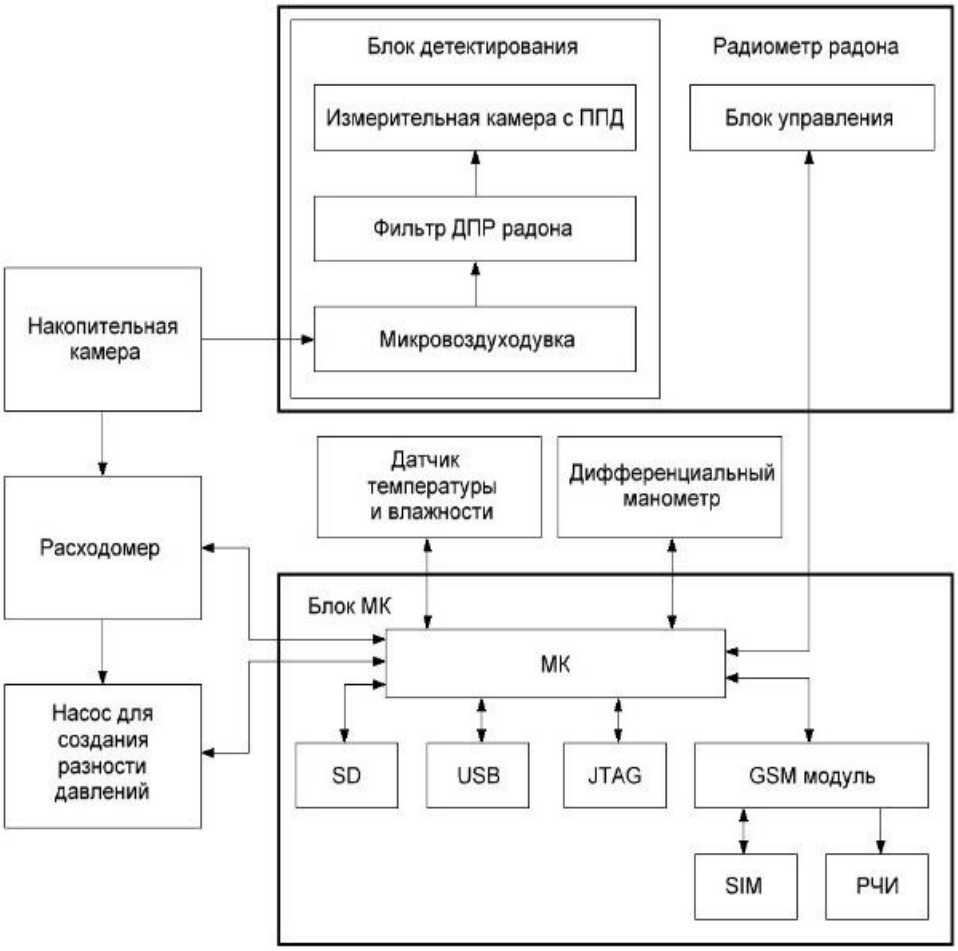


Рис. 1. Структурная схема модуля управления

1. Ярмошенко И.В., Малиновский Г.П., Васильев А.В., Жуковский М.В. Метод измерения плотности потока радона из грунта, активированного градиентом давления // АНРИ, 2018. №2 (93), С. 48-55.
2. Yarmoshenko I., Malinovsky G., Vasilyev A., Zhukovsky M. Method for measuring radon flux density from soil activated by a pressure gradient // Radiation Measurements, 2018. Vol. 119, p. 150-154.
3. Gordeev G.S., Iurkov I.A., Ishchenko A.V., Yarmoshenko I.V. Technical equipment of radon advective flux density measurements from the soil // AIP Conference Proceedings, 2019. Vol. 2174, article number 020101.

DESIGN AND ANALYSIS OF 2.56 GBPS CML CMOS TRANSCEIVER WITH SPECIFIC LOAD FOR PHYSICAL INSTRUMENTATION APPLICATIONS

Serazetdinov A.R.[1], Atkin E.V.[1], Khokhlov K.O.[2]
[1)] National Research Nuclear University MEPhI
[2)] Ural Federal University
E-mail: mrsuglikov@gmail.com

In the work we describe the process of designing 2.56 Gbps CML receiver and 1.28 Gbps CML transmitter with specific transmission line properties. The blocks have been designed for the specific need of high speed data transmission in the radiation environment. Signal integrity is also analyzed.

A number of physical experiments conducted under specific environmental conditions, like at FAIR, Darmstadt, or NICA at Dubna - radiation, high temperatures, etc. - does not allow to place both data acquisition and processing systems in the measurement area. Whenever possible, data processing is conducted outside unfavorable conditions. However in this case high speed data transmission from read-out electronics to processing units is needed. In current work we describe the process of design and implementation of CMOS CML IP block, capable of receiving data from front-end detectors at a rate of 2.56 Gbps and transmit at 1.28 Gbps with specific load.

The problem arises with the need to transmit data via specific coaxial cable of 50 pF parasitic capacitance. On the other hand, the use of LQFP IC package with high parasitic inductance lead to the need of specific balancing. Since the reflection coefficient in the transmission line with such frequencies have to be contained, additional design steps have to be provided to the transmitter’s output buffer. On the receiver side the need to balance parasitics of the built-in ESD protection circuit arises. Several approaches have been analyzed and optimal decision was presented. In both blocks several techniques to improve radiation hardness of the blocks were implemented.

In the work significant attention is provided to signal integrity issues and methods to evaluate and design the IC interface blocks with signal integrity considerations on the earliest stages of the design route.

The prototype chips including CML IP blocks are currently under manufacturing in the TSMC 65 nm LP design process and are expected to arrive to be tested in May-June 2021.

1. Ramaswamy S. et al., "Programmable termination for CML I/O's in high speed CMOS transceivers," 2002 Symposium on VLSI Circuits. Digest of Technical Papers (Cat. No.02CH37302), Honolulu, HI, USA, 2002, pp. 72-73
2. Camplani A. et al., CMOS IC Radiation Hardening by Design, 2014, V.27, pp. 251-258.
3. Vereschagin S., Movchan S., Zaporozhets S. Front-end electronics development for TPC/MPD detector of NICA project // J. of Instr., 2020, V.15, pp. C09044.

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR GENERATION OF LOW CONCENTRATIONS OF VAPORS

Shchapov I.E.[1], Chuvashov R.D.[1], Baranova A.A.[1], Khokhlov K.O.[1]
[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation
E-mail: quemedaganas@gmail.com

The article is devoted to the problem of dilution of the concentration of saturated vapors of various substances. The principle of operation of the device and its technical features are described.

На текущий момент существуют виды деятельности, требующие использования газов определенной концентрации. Один из них – тестирование способностей детекторов различных газообразных веществ [1, 2, 3]. Для оценки пределов обнаружения детектируемых газов необходимо создание как можно меньших концентраций газов.

Для этих целей был разработан аппаратно-программный комплекс, генерирующий малые концентрации паров веществ благодаря размешиванию насыщенных паров. В данной работе описаны конструкция и принцип работы данного устройства.

Установка состоит из рабочего объёма, термостата, применяемого для перемещения паров манипулятора шприца и программного кода к нему. Исходные насыщенные пары настаиваются в шприце Жане. В качестве источника паров используется инертный носитель, на который помещён раствор аналита или аналит в твёрдом виде. Разбавление паров производится в две стадии. Разбавление вплоть до 0,1 от насыщенной концентрации можно провести путём добавления объёма к внутреннему объёму шприца. На второй стадии часть паров из шприца подаётся в 3л рабочий объём, позволяя получить концентрацию равную $5*10^{-4}$ от концентрации насыщенных паров.

Для точного управления объёмами был использован разработанный в нашей лаборатории манипулятор шприца. Манипулятор управляется шаговым двигателем, момент с которого сообщается на поршень шприца через винтовой стержень. Управление двигателем выполнено на основе микроконтроллера ESP32 и платы управления двигателем DRV8825 [4]. Программное обеспечение разработано в среде uPyCraft на языке MicroPython [5]. Управление двигателем осуществляется по Wi-Fi с помощью инструмента разработки WebREPL.

Получаемые на выходе установки концентрации паров были проанализированы методом газовой хроматографии. С помощью разработанного в нашей лаборатории считывателя флуоресценции были получены кривые тушения флуоресценции сенсорного вещества при взаимодействии с рядом паров веществ-тушителей разных концентраций.

1. Jay W. Grate, Robert G. Ewing, David A. Atkinson. Vapor-generation methods for explosives-detection research. J. Trends in Analytical Chemistry, Vol. 41, P. 1–14. (2012)
2. Gary O. Nelson. Gas Mixtures: Preparation and Control. Lewis Publishers, 305 P. (1992)
3. Chuvashov R., Baranova A., Khokhlov K. and Verbitskiy E. A Detection System with Low Sampling Distortion for Application in Optical Array Sensing in Gas Phase. 7th Internation Congress on EFRE, Tomsk. (2020)
4. Rui Santos, Sara Santos. MicroPython ESP32 and ESP8266. 360 P.
5. Nicholas H. Tollervey. Programming with MicroPython,. O’Reilly Media, Inc., 260 P.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

М. Шишкин[1], С. Шабунин[1]
[1)] «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
E-mail: mikhail.shishkin@urfu.me

ANALYSIS OF INFLUENCE OF THE CLUSTERING DEGREE OF THE ANTENNA ARRAY ON ITS RADIATION CHARACTERISTICS

M. Shishkin[1], S. Shabunin[1]
[1)] «Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin»

There the analysis of the influence of the degree of clustering on the radiation characteristics of the antenna array was performed. The antenna array is being developed for the meteorological radiosonde tracking radar Vector-M and should replace the existing antenna system.

Прогноз погоды в наше время очень важная и актуальная проблема. Прогноз погоды предполагает сбор информации о состоянии атмосферы и предсказание ее состояния на основе анализа полученных данных. Наиболее распространенный и точный метод измерения параметров атмосферы – контактный метод, при котором в воздух запускаются метеозонды, на корпусе которых закрепляются различные датчики, например, измерители температуры или влажности воздуха. Внутри корпуса зонда располагают приемопередатчик и батарею. Обычно зонд подвешивается на латексном шаре, наполненном водородом или гелием. Измеренные параметры атмосферы зонд передает на наземные аэрологические станции посредством беспроводной связи [1], [2]. Таким образом, важнейшими задачами при проведении измерений параметров атмосферы является сопровождение зонда в полете, определение его координат и обеспечение двухсторонней связи между ним и наземной станцией.

Одним из главных разработчиков комплексов и зондов для контактного мониторинга атмосферы является АО «Уральское производственное предприятие УПП «Вектор» [3]. Разработанный предприятием аэрологический радиолокационный вычислительный комплекс Вектор-М является наиболее часто используемым в России. Для данного комплекса были разработаны несколько различных антенных систем, но все они имели свои недостатки, среди которых высокий уровень бокового излучения, сложная схема питания и т.д. Последний вариант антенной решетки для комплекса разработан в Уральском федеральном университете [4]. Хотя разработанная антенна имеет ряд преимуществ по сравнению с предыдущими разработками, она имеет достаточно большие размер и вес.

Ввиду того, что используется зонд с активным ответом, допустимо использовать антенную систему с меньшим коэффициентом усиления (меньшим размером). Таким образом, возникла необходимость разработки новой антенной си-

стемы для комплекса. Для определения оптимальной конструкции антенны требуется, во-первых, подобрать тип излучателя, во-вторых, определить допустимую степень кластеризации.

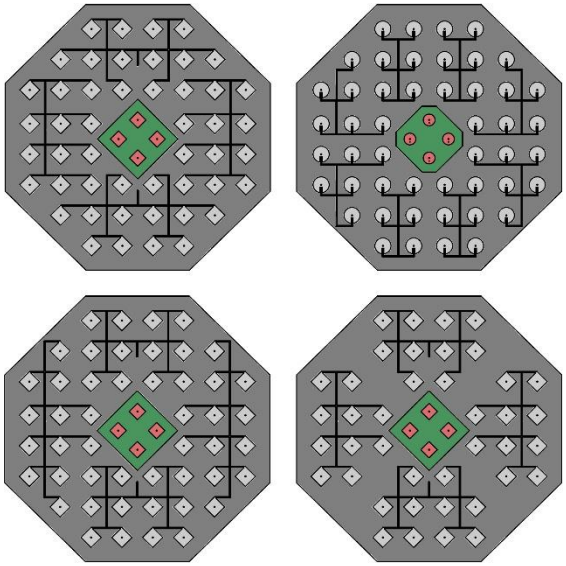


Рис. 1. Варианты размещения излучателей в антенной системе

В ходе работы были исследованы различные варианты расположения элементов в антенной системе. При исследовании использовались модели элементов, созданные с помощью программного обеспечения ANSYS HFSS. Были рассчитаны и проанализированы диаграммы направленности антенной решетки для различных фаз и амплитуд на элементах и в кластерах.

Основная проблема антенных решеток при поэлементном фазировании - сложность диаграммообразующей схемы (ДОС), а также дополнительные потери на каждом фазовращателе. Увеличение степени кластеризации ведет к упрощению ДОС антенны и уменьшению потерь за счет использования меньшего числа фазовращателей. Однако, в то же время это ведет к появлению побочных максимумов (увеличению бокового излучения). Таким образом, целью исследований является достижение компромисса между сложностью антенной системы и уровнем бокового излучения. В результате необходимый компромисс был найден и получена оптимальная конструкция антенной системы.

1. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. Seventh edition. World Meteorological Organization, 2008.
2. W. F. Dabberdt, R. Shellhorn, H. Cole, A. Paukkunen, Radiosondes. Elsevier Science, 2003.
3. "Vector-M description" http://www.vektor.ru/produktsiya/grajdanskaya_produktsiya/vektor_meteo/meteorologicheskie_sistemy i/arvk_vektor_m.
4. S. Shabunin, “Antenna Array for Radiosonde Tracking Radar”. 27th Telecommunications forum TELFOR. Serbia, Belgrade, 2019.

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И УЧЕБНЫХ ПРОЕКТОВ

Агафонов Б.А.[1], Синев М.М.[1], Ищенко А.В.[1], Кокорин А.Ф.[1]
[1)] Уральский Федеральный университет
имени первого Президента России, Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: masinogo@gmail.com

EDUCATIONAL LABORATORY DEVICE FOR SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL PROJECTS

Agafonov B.A.[1], Sinev M.M.[1], Ischenko A.V.[1], Kokorin A.F.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The work deal with the development of the educational laboratory device for the participants of the scientific-practical conference and the tournament of young physicists. The temperature, pressure, light sensitivity and acceleration measurements, and external devices controlling, such as 5-V logic

Одной из важнейших задач в современном обществе является подготовка всесторонне развитых кадров, которые помимо знаний и первичных навыков в определенной отрасли, способны выходить за рамки полученных умений для решения нестандартных задач ускоряющегося научно-технического прогресса.

Получение учащимися практических навыков по обращению с приборами, методиками измерения и изучению технической документации осуществляется во время проведения лабораторных занятий и различных конкурсных мероприятий (олимпиад, турниров и т.д.). Одним из важных аспектов в улучшении качества проведения указанных выше практических занятий является развитие научно-исследовательского и учебного оборудования с учетом последних достижений науки и техники, а также современной элементной базы.

Целью данной работы является разработка лабораторного стенда для участников научно-практической конференции и турнира юных физиков для школьников. Ввиду специфики мероприятий и требований к выполняемым заданиям разрабатываемый стенд должен иметь возможность проводить измерения давления, температуры, освещенности, ускорения и управлять внешними устройствами, например, 5-вольтовым логическим устройством.

Структурная схема разрабатываемого устройства приведена на рис. 1. Основу устройства представляет собой микроконтроллер (МК) STM32F103C8T6 [1] с высокопроизводительным вычислительным ядром Cortex-M3. Датчики измерения физических величин подключаются по последовательной шине I2C. В качестве датчиков могут быть использованы BMP-280, BH-1750, GY-521 и др. Соединение микроконтроллера с ПК осуществляется с помощью интерфейса USB. Измерение аналоговых сигналов осуществляется с помощью встроенного в МК аналого-цифрового преобразователя (12 бит, 1 MS/c).

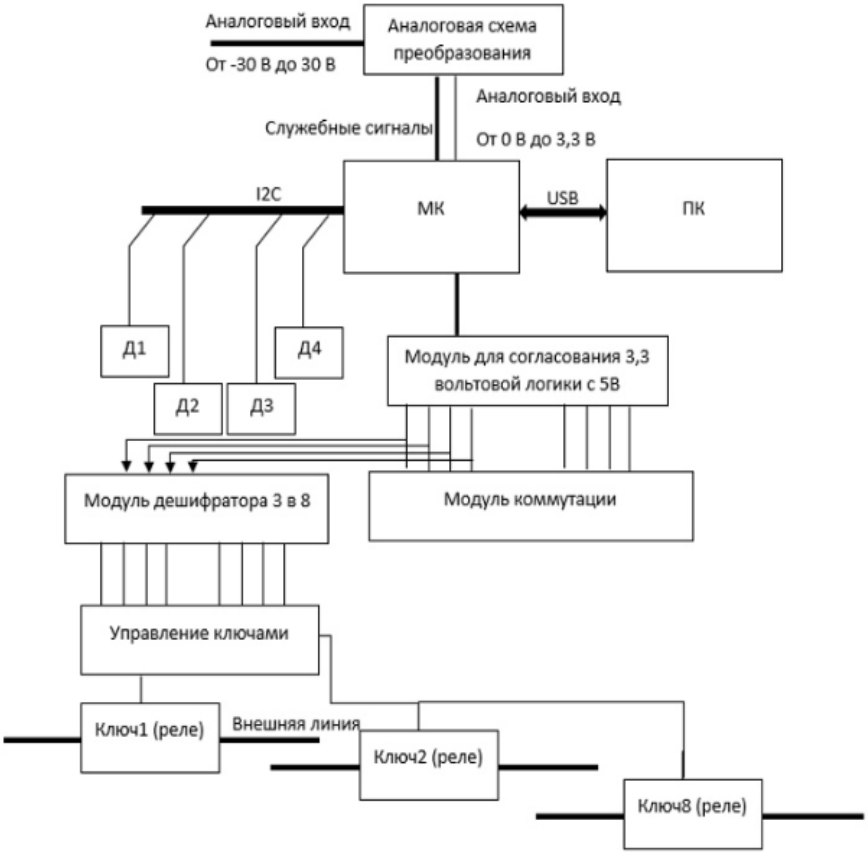


Рис. 1. Структурная схема разрабатываемого лабораторного стенда

Для обеспечения удобного взаимодействия пользователя с лабораторным стендом с использованием среды разработки Qt Creator [2] создан программный продукт, который позволяет в реальном времени отслеживать состояние и показания подключенных приборов и управлять внешними устройствами. Имеется возможность управлять различными элементами стенда как вручную, так и с помощью заранее заданных условий в автоматическом режиме. В работе рассматриваются особенности схемотехнической реализации лабораторного стенда, возможности программного обеспечения, а также представлен круг задач, решаемые с помощью разрабатываемого устройства.

Особая благодарность Огородникову Игорю Николаевичу (УрФУ кафедра ЭФ), за помощь в разработке плана проекта.

1. Dardanne C.M. Микроконтроллер STM32F103C8T6 [Электронный ресурс] // STlife.augmented. URL: https://www.st.com/en/microcontrollers- microprocessors/stm32f103c8.html (дата обращения 22.11.2020).
2. Ziller E. Qt Creator - A Cross-platform IDE for Application Development [Электронный ресурс] // Qt.io URL: https://www.qt.io/product/development-tools (дата обращения 24.11.2020).

ПРОЕКТ БИОНИЧЕСКОГО ЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА РОБОТА ДЛЯ СБОРА УРОЖАЯ

Ступин С.А.[1], Огородникова О.М.[1]
[1)] Уральский Федеральный университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: stupin.semen2012@ya.ru

BIO-INSPIRED DESIGN OF A GRIPPER FOR HARVESTING ROBOT

Stupin S.A.[1], Ogorodnikova O.M.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work, a gripper for a harvesting robot was designed and manufactured. Bio-inspired elements have been applied to the design of the gripper fingers. Evenly distributed strength and minimal structural weight were ensured through computer-aided engineering analysis and topology optimization.

Биологические структуры в результате итерационного эволюционного процесса оказались адаптированными к выполнению несущих функций и эффективному сопротивлению внешним силовым нагрузкам. Применение принципов построения живых структур к конструированию деталей роботов позволяет создавать уникальные по служебным характеристикам конструкции. Развитие современных технологий и материалов, в свою очередь, позволяет реализовать заложенные в моделях CAD нелинейные конструкторские решения на практике [1]. В частности, биологическим материалам и структурам, обеспечивающим конструкционную прочность, свойственны высокие показатели прочности, жесткости и эластичности при малой массе. Одним из основных факторов, обуславливающих эффект интеграции полезных свойств, является градиентное распределение вещества в биологических соединительных тканях.

В настоящей работе принципы бионического дизайна были применены при конструировании захватного устройства робота для сбора плодов садоводства. Полученные на этапе концептуального проектирования данные были использованы для составления расчетных схем прочностного анализа пальцев захватного устройства в пакете ANSYS. Расчет прочности выполнен совместно с топологической оптимизацией геометрии деталей по признаку минимизации массы. Топологическая оптимизация на конечно-элементной сетке показывает те локальные объемы, которые не участвуют в обеспечении прочности, и помогает сформировать равнопрочную конструкцию. Оптимизированные модели деталей были доработаны с использованием специальных приложений объемного моделирования и повторно проверены на прочность. По итоговым моделям детали захватного устройства изготовлены из пластика с помощью 3D-принтера. Принципы бионического дизайна и организации жизнедеятельности организмов были использованы также при проектировании системы движения и системы управления, включая подсистему обнаружения объектов [2].

Результатом работы является действующий прототип захватного устройства, ответственные детали которого спроектированы с применением бионического дизайна для получения равнопрочной конструкции с оптимальной массой.

1. Stupin S. A., Ogorodnikova O. M., Topology optimization in designing of anthropomorphic gripper for a robot, AIP Conference Proceedings, V. 2313, AN 040011, (2020).
2. Ali W., Ogorodnikova O. M., Method of ripe tomato detecting for a harvesting robot, AIP Conference Proceedings, V. 2174, AN 020146, (2019).

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ТЕРМОВАКУУМНОГО НАПЫЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Сумарев А.Л.[1], Трофимова К.Е.[1], Китаев А.М.[1], Ищенко А.В.[1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: Alexei85656@mail.ru

SOFTWARE AND HARDWARE SYSTEM FOR THERMAL VACUUM DEPOSITION OF MATERIALS

Sumarev A.L.[1], Trofimova K.E.[1], Kitaev A.M.[1], Ishchenko A.V.[1]
[1)] Ural Federal University

The purpose of the work is to refine the software and hardware system for thermal vacuum deposition of materials, to ensure its connection with a PC, and to develop technical documentation. Replacing the existing communication part and automation will significantly reduce the costs of this technolog

За последние два десятилетия в области полупроводниковой электроники произошли глобальные изменения, в связи с научно-техническим прогрессом. Развитие технологии и производства позволили создавать в промышленном масштабе различные электронные компоненты, такие как: транзисторы, диоды, солнечные элементы. В связи с этим возникли новые направления для исследований, связанные с поиском материалов, обладающих хорошими полупроводниковыми свойствами и позволяющих удешевить технологию создания элементов на их базе. Одним из таких направлений является органическая электроника. Исследование свойств органических полупроводниковых материалов представляет значительный интерес для практического применения в области гибкой электроники [1].

Целью данной работы является модернизация системы управления установки для создания тонких пленок органических полупроводников соединений методом термовакуумного напыления. Существующая система напыления и результаты исследований, полученные с ее применением представлены в [1, 2].

Структурная схема разрабатываемого устройства приведена на рис. 1. Установка состоит из вакуумной камеры, датчиков, блока управления и сбора данных, вакуумметра, вакуумного насоса и персонального компьютера со специализированным ПО.

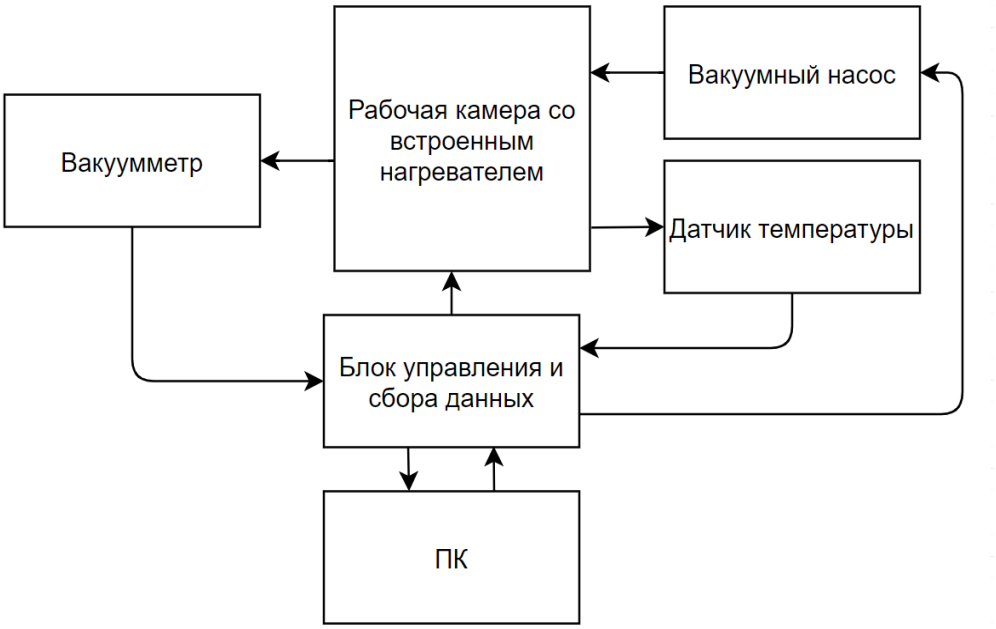


Рис. 1. Структурная схема установки

Блок управления и сбора данных спроектирована на основе микроконтроллера STM32F373R8. Блок осуществляет прием данных со всех систем установки, отправляет команды управления и осуществлять частично или полностью управление технологическим процессом роста пленок.

Датчик температуры (термопара типа K) осуществляет измерение температуры тигля, предназначенного для испарения материала.

Вакуумный насос необходим для создания разряженной атмосферы в камере для проведения эксперимента. Управление насосом происходит также от блока управления и сбора данных.

Вакуумметр (Thyracont VSM77DL) осуществляет измерение давления в камере в диапазоне 10–7–103 мбар. Передача данных в блок управления выполняется по интерфейсу RS-485. Контроль давления осуществляется непрерывно в ходе всего эксперимента, что позволяет вовремя принять меры при возникновении нештатных ситуациях, например, потери герметичности камеры.

Персональный компьютер (ПК) в данной установке необходим для управления работой и связи с пользователем. Программное обеспечение создано в среде разработки Qt Creator. Программа представляет собой графический интерфейс пользователя с возможностью задания плана работы и контроля процесса выполнения эксперимента, вести архив данных с эксперимента с их представлением в динамическом режиме.

В докладе обсуждаются схемотехнические и программные особенности разрабатываемого комплекса.

1. К.Е. Трофимова Синтез и свойства тонкопленочных структур на основе индолокарбазолов [Электронный ресурс] // https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/94622/1/m_th_k.e.trofimova_2020.pdf (дата обращения 25.01.2021).
2. Trofimova K.E., Ishchenko A.V., Irgashev R.A., Kazin N.A., Weinstein I.A. Optical and electrophysical properties of indolo[3,2-b]carbazole based thin-film structures // AIP Conference Proceedings, 2020. Vol. 2313, 030032.

СПЕКТРАЛЬНОЕ И ВРЕМЕННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СИГНАЛОВ ОПТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ И ОПТИЧЕСКИ СТИМУЛИРОВАННОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В АНИОНДЕФЕКТНОМ КОРУНДЕ

Туйков А. С.[1, 2], Абашев Р. М.[1], Краснопёров В. С.[2], Сюрдо А. И.[1]
[1)] Институт физики металлов имени М.Н.Михеева, УрО РАН, Екатеринбург, Россия
[2)] АО «Уральский электромеханический завод», Екатеринбург, Россия
E-mail: alexey.tuykov@gmail.com

SPECTRAL AND TEMPORAL SEPARATION OF OPTICAL STIMULATION AND OPTICALLY STIMULATED LUMINESCENCE SIGNALS IN ANION-DEFICIENT CORUNDUM

Tuykov A. S.[1, 2], Abashev R. M.[1], Krasnopyorov V.S.[2], Surdo A.I.[1]
[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics
of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, UB RAS, Ekaterinburg, Russia
[2)] The Ural Electromechanical plant, Ekaterinburg, Russia

The paper describes the problems of spectral separation of signals of stimulation and optically stimulated luminescence of anion-deficient corundum in order to determine the individual dose equivalents under dosimetric control.

Одной из важных проблем в индивидуальной дозиметрии ионизирующих излучений, использующей эффект оптически стимулированной люминесценции (ОСЛ), является разделение сигналов оптической стимуляции и люминесценции. Для лучшего разделения применяют спектральный и время-разрешенный способы.

Наиболее чувствительными в ОСЛ-дозиметрии являются детекторы на основе анионодефицитного корунда ($_{a}$-Al_2O_3), для которых разделение указанных сигналов представляет нетривиальную задачу. Близкое расположение и перекрытие в $_{a}$-Al_2O_3 полосы люминесценции активных в ОСЛ-процессе F-центров, имеющей при T=300 K максимум h_{em}=3.0 эВ и полуширину H_{em}=0.7 эВ, и полосы опустошения дозиметрической ловушки с h_{trap}=2.6 эВ и H_{trap}=0.7 эВ сильно усложняет решение задачи разделения. Поэтому целью работы являлся поиск оптимальных вариантов для одновременного спектрального и временного разделения сигналов оптической стимуляции и люминесценции, которые можно применить в разрабатываемой дозиметрической ОСЛ-системе.

Согласно [1] для оптического опустошения дозиметрической ловушки в детекторах на основе $_{a}$-Al_2O_3 наиболее оправданным является применение светодиодов с зеленым свечением и h_{stim}=2.3 эВ и H_{stim}=0.14 эВ. Однако из полученных данных следует, что даже такое отличие между h_{em}=3.0 эВ и h_{stim}=2.3 эВ приводит к незначительному перекрытию полос стимулирующего излучения и люминесценции F-центров, особенно в области соответствующих длинноволнового и коротковолнового хвостов. В результате часть потока стимулирующего света попадает на фотоприемник, в качестве которого используется фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), что существенным образом ухудшает статистику счета полезного ОСЛ-сигнала. Применение импульсной стимуляции с t_p=1 мс и T_p=10 мс и регистрации ОСЛ-сигнала во временных окнах между импульсами кардинально ситуацию не улучшает. Обнаружено, что при импульсной стимуляции происходит особенно сильное «ослепление» ФЭУ, а его счетные свойства восстанавливаются за время $t>>T_p$. Поэтому было решено, используя дополнительные оптические фильтры, сузить с длинноволновой стороны спектральную область пропускания в канале регистрации ОСЛ-сигнала и подавить коротковолновую хвостовую часть полосы излучения светодиода. В результате специального подбора фильтров и их расположения в блоках стимуляции и регистрации, а также временного разделения стимулирующего и ОСЛ-сигналов удалось повысить соотношение сигнал/шум до уровня, позволяющего уверенно измерять эквиваленты доз ~5-10 мкЗв.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Экспертиза», № АААА-А19-119062590007-2) при частичной поддержке РФФИ (проект № 20-48-660045).

1. Eduardo G. Yukihara, Stephen W. S. McKeever Optically Stimulated Luminescence. Fundamentals and Applications. – Physics Department, Oklahoma State University, Oklahoma, USA. – Pages 48, 53.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Васильченко Д.В.[1], Ромащенко М.А.[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

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR THE IMPACT OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE ON THE FUNCTIONING OF ELECTRONIC DEVICES

Vasilchenko D.V.[1], Romashchenko M.A.[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 article describes a methodology for assessing the influence of electromagnetic interference on the functioning of electronic devices. A block diagram of an algorithm for testing and processing the obtained experimental data is presented.

В процессе проектирования и последующего выпуска электроники производитель сталкивается с необходимостью обязательной сертификации своего продукта по различным критериям. С каждым годом требований к сертификации становиться всё больше. Это связано с тем, что появляются новые стандарты качества из-за бурного роста количества электронных устройств, в том числе и излучаемых ими типов электромагнитного излучения. В связи с этим любое новое электронное устройство должно быть устойчиво к большому спектру излучений и обеспечивать достаточный уровень вероятности безотказной работы в сложившейся электромагнитной обстановке. В след за расширением спектров излучений увеличивается и количество стандартов качества, которые предъявляются к электронному средству. За счёт этого тестирование электронных средств становится всё более обширным и дорогостоящим. Для минимизации временных и материальных затрат ставится задача разработки универсальной методики прохождения обязательной сертификации электронного средства на предмет соответствия его требованиям международных стандартов.

В основе методики лежат требования ГОСТ к прохождению сертификации и способам оценки устойчивости электронного средства к воздействию электромагнитных помех. Имеется возможность адаптации методики под решения задач обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) с применением большого спектра программных и аппаратных средств тестирования. На рисунке 1 представлена блок-схема разработанной методики. Условно она разделена на 3 блока.

Первый этап – подготовка к эксперименту, в котором производится анализ требований к типу сертификации и выбор ряд необходимых стандартов и формирование программы испытаний.

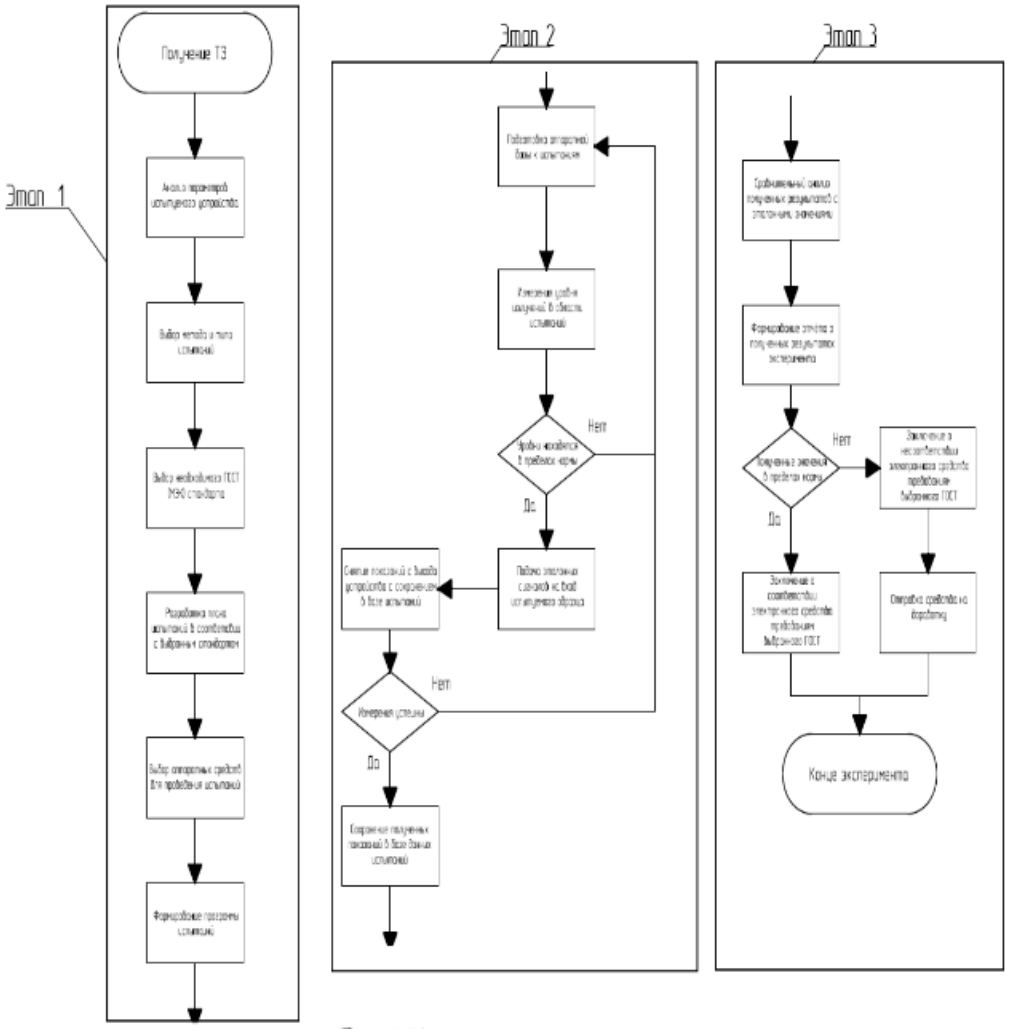


Рис. 1. Блок-схема методики оценки влияния электромагнитных помех на функционирование электронных средств.

Второй этап – выбор и калибровка аппаратных и программных средств, в котором производится подбор необходимого для проведения эксперимента программного и аппаратного комплексов. Третий этап – испытания и верификация полученных данных, в котором производится запись параметров эксперимента и последующая их обработка с предоставлением полученных результатов эксперимента в виде отчёта об испытании.

Разработанная методика является гибкой с точки зрения её применимости к конкретным аппаратным и программным средством, так как позволяет использовать практически любой комплекс формирования воздействующих излучений и сбора данных с последующей их обработкой.

1. Software - Hardware Complex for Testing Electronic Means for the Action on Electromagnetic Interference
2. МЕТОДИКА СБОРА И ОЦЕНКИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМП НА ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА
3. Software - Hardware Complex for Assessing the Effect of an Electrostatic Discharge on Electronic Devices
4. Методика формирования испытательных сигналов для оценки устойчивости электронных средств к ЭМП

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО НАНЕСЕНИЯ ГИДРОФОБНЫХ ПОКРЫТИЙ

Заболотний С.И.[1], Капустин С.Н.[1]
[1)] Северный (Арктический) Федеральный Университет имени М.В. Ломоносова
E-mail: zabolotny.seregei@yandex.ru

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR AUTOMATIC APPLICATION OF HYDROPHOBIC COATINGS

Zabolotniy S.I.[1], Kapustin S.N.[1]
[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

We have developed a device for automatic application of hydrophobic coatings based on nanoparticles. Data were received after the first experiments.

В работе [1] было получено сверхгидрофобное покрытие на основе углеродных наночастиц, легко напыляемых практический на любой тип поверхности. Для уменьшения роли человеческого фактора при нанесении и уточнения полученных данных была сконструирована автоматизированная установка.

Установка для нанесения гидрофобных покрытий позволяет наносить покрытия на основе углеродных наночастиц на образцы площадью до 180 квадратных сантиметров. В ходе разработки была преодолена проблема крайне быстрой агломерации наночастиц в жидких средах, разработаны технологические приемы нанесения максимально однородного покрытия.

Устройство состоит из трех модулей - перемещения поверхности, напыляющего и модуля контроля качества. Первый модуль представляет из себя перемещающуюся платформу, на котором закрепляется подложка для напыления покрытия. Второй модуль отвечает за сам процесс распыления, в него входит устройство для напыления и ультразвуковой диспергатор. С помощью диспергатора стало возможно поддержание раствора в мелкодисперсном состоянии, так как наночастицы углерода имеют свойство очень быстро агломерировать, что приводит к застреванию агломератов в распылительном сопле и уменьшению однородности поверхности. Была разработана методика продувки распылительной системы

непосредственно во время работы для избежания засорения сопла наночастицами. Третий модуль представляет собой устройство для измерения краевого угла для определения гидрофобных свойств покрытия и проверки необходимости нанесения дополнительных слоев покрытия.

Раствор распыляется напором воздуха из компрессора. Установка автоматизирована и управляется с компьютера. С помощью ПО для управления установкой можно менять скорость напыления, выбирать паттерны, настраивать начальную точку, а также задавать площадь напыляемого образца и радиус пучка распыления.

С помощью данной установки была проделана работа по измерению зависимости величины краевого угла смачивания от количества нанесенных слоёв углеродных нанолуковиц [2] на пластиковую подложку из ПВХ. Результаты представлены на рисунке 1.

В ходе конференции будут представлены оптимальные параметры для нанесения покрытия, такие как: тип растворителя, шероховатость поверхности, количество слоев, концентрация нанообъектов, наклон распыления.

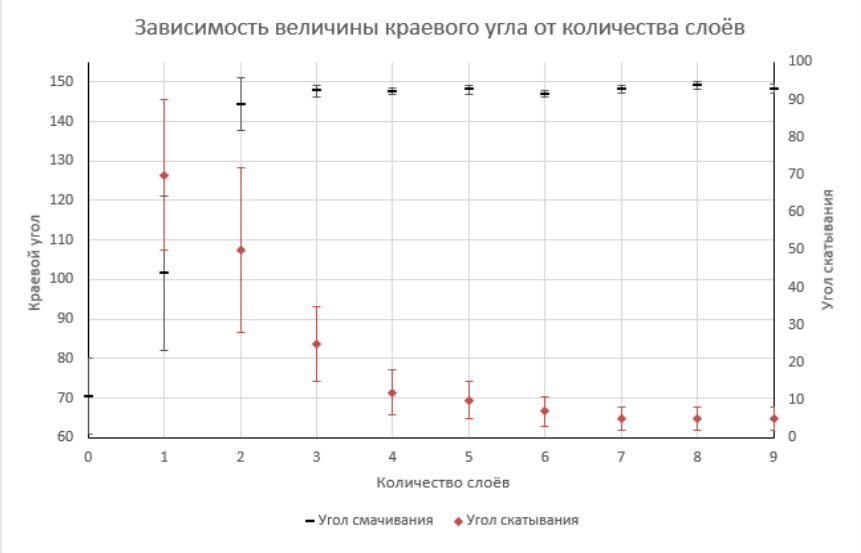


Рис. 1. Рисунок 1 - Зависимость величины краевого угла от количества слоёв

Выражаем благодарность Лугвищуку Д.С. (Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов, Москва, Троицк, Россия) за предоставленные материалы.

1. Eseev M.K., Kapustin S.N., Lugvishchuk D.S., Mordkovich V. Z., Lyakh N.L.,Technical Physics Letters, V. 46, P. 1120–1123, (2020)
2. Mordkovich V.Z., Lugvishchuk D.S., Mitberg E.B., Kulnitskiy B.A., Perezhogin I.A., Kirichenko A.N., Chemical Physics Letters, V. 713, P. 242–246, (2018)

СЕКЦИЯ 4

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАРБОНИЗАЦИИ ЗОЛЫ В ХИМИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ

Абаимов Н.А.[1], Симанов Н.А.[1], Рыжков А.Ф.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: nick.sum41@mail.ru

NUMERICAL INVESTIGATION OF ASH CARBONIZATION PROCESS IN FLUIDIZED-BED CHEMICAL REACTOR

Abaimov N.A.[1], Simanov N.A.[1], Ryzhkov A.F.[1]

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

The paper presents numerical investigation of semi-dry ash carbonization process by CO2 mineralization in two-phase fluidized-bed chemical reactor. Preservation of free-flowing properties in dispersed medium allows use of active hydrodynamic regimes and achieves high process performance.

Проблемы ужесточения норм выбросов вредных веществ и принятые обязательства по сокращению эмиссии парниковых газов требуют разработки экологически и экономически состоятельных технологий улавливания CO_2 и его последующей утилизации [1]. Энергетическая отрасль и производства, потребляющие CO_2, развивались практически независимо друг от друга, без согласованности параметров по количеству, давлению и чистоте между потоками CO_2 из энергоустановок и потоками CO_2, используемыми в производстве. Понимание необходимости перехода к новому технологическому укладу поставило перед энергетическим производителем CO_2 требование поиска путей радикальной экологизации работы, а перед потребителем CO_2 – требование соответствия рабочих параметров процесса параметрам CO_2 на выходе из энергоустановок [2].

В работе представлено численное исследование процесса полусухой карбонизации золы минерализацией CO_2 в химическом реакторе с двухфазным псевдоожиженным (кипящим) слоем. Этот способ характеризуется тем, что влага вводится непосредственно в зону выщелачивания вместе с потоком CO_2 в виде пара [3]. В этом режиме агрегирование частиц еще не происходит, и частицы зернистой массы сохраняют свою индивидуальность, необходимую для максимизации реагирующей поверхности и эффективного контактирования с газообразным реагентом. В такой системе жидкая фаза может быть представлена тонкой сорбционной пленкой, покрывающей поверхность частицы и заполняющей её поры. Локализация в такой пленке процессов растворения и реагирования до предела сократит диффузионное сопротивление процессу массообмена. Сохранение сыпучих свойств в дисперсной среде позволяет использовать активные гидродинамические режимы и достигать высоких показателей процесса.

Работа выполнена при финансовой поддержке постановления № 211 Правительства Российской Федерации, контракт № 02.A03.21.0006.

1. H. Ho, A. Iizuka and E. Shibata, Ind. Eng. Chem. Res. 58, 8941−8954 (2019).
2. J. Patricio, A. Angelis-Dimakis, A. Castillo-Castillo, Y. Kalmykova, L. Rosado, J. CO2 Util. 22, 330–345 (2017).
3. K. J. Reddy, S. John, H. Weber, M. D. Argyle, P. Bhattacharyya, D. T. Taylor, M. Christensen, T. Foulke, P. Fahlsing, Energy Proc. 4, 1574–1583 (2011).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЗОЛООБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В УГЛЯХ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ

Абасова К. В. [1], Абрамов А. В. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: ksu.abasova.v@icloud.com

DETERMINATION OF THE CONTENT OF ASH-FORMING ELEMENTS IN COALS BY THE X-RAY FLUORESCENT METHOD

Abasova K. V. [1], Abramov A. V. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

XRF allows for non-destructive, environmentally friendly elemental analysis that does not require the transfer of a solid coal sample into solution using the methods of classical chemistry. Using this method, a technique has been developed for determining the content of ash-forming elements in coal.

Золообразующие элементы – это элементы, за исключением кислорода, которые составляют основную массу золы угля: Si, Al, Fe, Ca, Mg, Mn, S, Na, K, Ti, P. В настоящее время существует два ГОСТа, в которых описана процедура определения содержания золообразующих элементов в угле. Объектом анализа обеих методик является зола, полученная после озоления угля, а не сам уголь. Согласно ГОСТ 10538-87 химический состав золы определяют с помощью нескольких методов, что увеличивает трудоемкость и общую продолжительность получения результатов [1]. Согласно ГОСТ Р 55879-2013 анализ золы осуществляют рентгенофлуоресцентным методом. Однако в качестве способа пробоподготовки используют высокотемпературное растворение золы во флюсе с последующим измельчением стеклообразных проб и их прессованием [2]. Данные процедуры являются трудоемкими, увеличивают время анализа и его стоимость.

Рентгенофлуоресцентный метод анализа позволяет определять золообразующие элементы непосредственно в угле, пропуская стадию озоления. При этом для

пробоподготовки можно использовать метод прессования образцов угля в излучатели, а не озоление с последующим высокотемпературным растворением или кислотным вскрытием золы. Тем самым анализ можно сделать менее трудоёмким и более экспрессным.

Разработана и описана методика пробоподготовки каменного угля методом прессования образцов в излучатели. Выбран оптимальный режим измельчения проб угля и их прессования. Разработана методика измерения содержаний золообразующих элементов в каменном угле с использованием градуировочных образцов, полученных в результате анализа контрольных партий угля в аккредитованной лаборатории с использованием аттестованных методик измерений.

1. ГОСТ 10538-87 Топливо твёрдое минеральное. Методы определение зольности. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003 – 33 с.
2. ГОСТ Р 55879-2013 Топливо твердое минеральное. Определение химического состава золы методом рентгенофлуоресцентной спектрометрии. М.: Стандартинформ, 2019 – 18 с.

РАЗДЕЛЕНИЕ ЦЕЗИЯ И АЛЮМИНИЯ КАТИОНИТОМ PUROLITE C160

Абдрахманова А.К. [1], Титова С.М. [1], Филатенкова А.П. [1], Евдокимов И.В. [1], Липатова М.Е. [1], Скрипченко С.Ю. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: adelinakamilevna@rambler.ru

SEPARATION OF CESIUM AND ALUMINUM BY CATION-EXCHANGER PUROLITE C-160

Abdrahmanova A.K. [1], Titova S.M. [1], Filatenkova A.P. [1], Evdokimov I.V. [1], Lipatova M.E. [1], Skripchenko S.Yu. [1]
[1)] Ural Federal University

Annotation. The possibility of cesium separation from aluminum during conversion of waste of catalysts processing by use of cation-exchanger Purolite C-160 at different pH was studied. The separation of these elements was not possible in the pH range of (2,0 – 10,0).

В настоящее время цезий широко применяется в различных наукоемких отраслях: производстве фотоэлементов, детекторов ионизирующего излучения, оптических материалов специального назначения, получении электролитов. Особое значение цезий имеет для медицины и энергетики, а также в производстве катализаторов, используемых для получения серной кислоты, аммиака и ряда других соединений [1].

Отработанные катализаторы направляются на переработку, результатом которой является получение высокочистых оксидов металлов, а также ряда других продуктов. Переработка отработанных катализаторов является комплексным процессом, включающим в себя большое число технологических операций.

Переработке подвергаются и цезийсодержащие катализаторы. Образующиеся отходы переработки являются перспективным источником цезия. Так, ранее было установлено, что отходы переработки таких катализаторов представляют собой алюмоцезиевые квасцы с химической формулой $CsAl(SO_4)_2 \cdot 12H2O$, в которых содержание цезия составляет 33,5%, а содержание основной примеси – алюминия - не превышает 5,1%.

Для переработки представленных квасцов в данной работе используются сорбционные методы. Основная задача данного этапа работы заключалась в отделении цезия от примеси алюминия. Ранее было установлено, что наиболее эффективным сорбентом по отношении к данным металлам является катионит марки Purolite C160 макропористой структуры с сульфоновыми функциональными группами. Однако, данный катионит сорбировал в равной степени как Cs, так и Al. В данной работе исследовали возможность разделения данных элементов при различных pH исходных растворов, основываясь на различии форм состояния металлов.

Исследования процессов сорбции вели в статическом режиме. Для этого готовили водный раствор алюмоцезиевых квасцов. Содержание цезия в исходном растворе составило (40,82-47,90) мг/дм^3, а концентрация алюминия – (6,03-11,51) мг/дм^3, значения pH раствора варьировали в диапазоне 2,0-10,0 (корректировку значений pH осуществляли аммиаком). Навеску сорбента в воздушно-сухом состоянии (в H^+ - рабочей форме) массой 50 мг приводили в контакт с 50 см^3 раствора в течение 24 ч при постоянном перемешивании. По окончании эксперимента фазы разделяли, маточники сорбции направляли на количественный элементный анализ. На рис. 1 приведены значения сорбируемости катионита Purolite C-160 по цезию и алюминию.

Разделения цезия и алюминия во всем исследуемом диапазоне pH не происходит. Применение катионита Purolite C-160 обеспечивает извлечение цезия из раствора более чем на 85%, при этом смолой сорбируется свыше 75% алюминия, присутствующего в растворе.

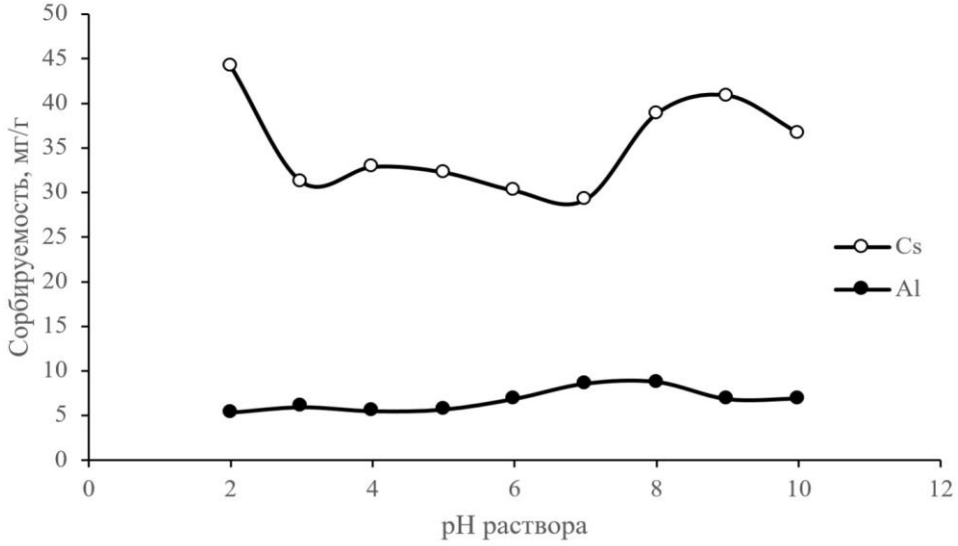


Рис. 1. Значения сорбируемости катионита Purolite C-160 по Cs и Al

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.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗОЛЫ С ПОМОЩЬЮ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА

Абрамова К.В.[1], Кочергина Е.В. [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: cristinaabranova@mail.ru

DETERMINATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF ASH USING X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS

Abramova K.V. [1], Kochergina E.V. [1], Abramov A.V. [1], Rebrin O.I. [1]
[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

A method has been developed for the determination of 11 microcomponents in ash. This technique allows you to determine the content of residual carbon in ash, which allows you to determine the degree of efficiency of coal combustion.

Одним из самых недорогих и распространенных источников теплоэнергетики является уголь. В мировом масштабе на базе угля вырабатывается 46 % всей электроэнергии. Ежегодно увеличиваются количество золошлаковых отходов. Каждый год в стране образуется 25–30 млн. тонн золошлаковых отходов от сжигания угля ТЭС. И только 10 % этого количества идет на переработку. Все остальное складируется рядом с городами или в городской черте. Утилизация золы – это насущная проблема как в экологическом, так и в экономическом плане.

Под химическим составом золы твердого минерального топлива понимают содержание в ней 11 основных элементов в пересчете на оксиды: кремния, алюминия, железа (III), кальция, магния, титана, фосфора, марганца, калия, натрия и серы.

Целью данного исследования являлась разработка методики рентгенофлуоресцентного анализа образцов золы для одновременного определения золообразующих элементов (кремний, алюминий, железо, кальций, магний, титан, фосфор, марганец, калий, натрий, сера), углерода и ряда примесных микрокомпонентов, присутствующих в золе.

Особенностью работы является то, что в методике предусмотрено определение остаточного углерода, что позволит определять степень эффективности использования угля.

Методика разрабатывалась с использованием волнодисперсионного спектрометра ARL ADVANT’X 4200. Были синтезированы градировочные образцы, построены градировочные зависимости. Проведена оценка метрологических показателей методики, таких как: точность, правильность, воспроизводимость, повторяемость.

1. Chand P., Ashavani K., Anurag G.. Elemental Analysis of Ash using X-Ray Fluorescence Technique. Asian Journal of Chemistry, 2009, vol. 21, no. 10, pp. 220-224

2. Бахтиаров А.В. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ в геологии и геохимии. Ленинград: Недра, 1985
3. ГОСТ 32984-2014 (ISO/TS 13605:2012) Топливо твердое минеральное. Определение макро- и микроэлементов в золе методом рентгенофлуоресцентной спектрометрии

GRAFTING OF (3-CHLOROPROPYL)-TRIMETHOXY SILANE ON HALLOYSITE NANOTUBES SURFACE

Abu El-Soad A.M. [1], Lazzara G. [1], Pestov A.V. [1], Tambasova D.P. [1], Antonov D.O. [1], Kovaleva E.G. [1]
[1)] Ural Federal University, Mira St. 19, Yekaterinburg 620002, Russia
E-mail: chemistasmaa60@yahoo.com

Modified halloysite nanotubes (HNTs-Cl) were synthesized by a coupling reaction with (3-chloropropyl) trimethoxysilane (CPTMS). The highest degree of functionalization (silylation) was achieved with using toluene as a solvent, the molar ratio of (HNTs / CPTMS / H_2O) of (1:1:3), the refluxing time of 4 hours.

Halloysite is a naturally occurring dioctahedral 1:1 clay mineral that belongs to the kaolin groups. The unit layer of kaolin group minerals is composed of one SiO_4 tetrahedral sheet and one $AlO_2(OH)_4$ octahedral sheet. Therefore, the different inner and outer-compositions of these materials allows accomplishing different chemical reactions on either surface [1-4]. In recent decades, tubular halloysite has attracted significant scientific interest because of its excellent physicochemical properties. For instance, halloysite has been widely used as a filler in polymers, as a carrier for the loading and controlled release of guest molecules and as an adsorbent for pollution remediation [5].

Modified halloysite nanotubes (HNTs-Cl) was synthesized by a coupling reaction with (3-chloropropyl) trimethoxysilane (CPTMS). The grafting of chloro-silane onto HNTs surface develops chloro- groups, which have a great chemical activity and are considered to be good nominees for employing as active sites that react with other active molecules for further modification of HNTs surface properties. The aim of this study is to determine the best conditions for silylation of HNTs with (3-chloropropyl) trimethoxysilane. Many parameters such as nature of solvent, molar ratio of (HNTs /CPTMS/H_2O), refluxing time and the effect of catalyst have been studied. The best modified HNTs sample was evaluated by FT-IR, Elemental analysis, TGA and SEM image. The results obtained from elemental analysis were used for calculating the degree of functionalization.

The highest degree of functionalization was achieved by using toluene as a media for the silylation process, the molar ratio of (HNTs / CPTMS / H_2O) of (1:1:3) and the refluxing time of 4 hours. Addition of 7.169 mmol of Et_3N and 25.97 mmol of NH_4OH led to a great effect on increasing the number of silane groups which have been grafted on HNTs surface.

This research was supported by RFBR grant 18-29- 12129mk.

1. Du, M., Guo, B., Jia, D., Polym. Int. 59, 574–582. (2010)
2. Li, C., Liu, J., Qu, X., Guo, B., Yang, Z., J. Appl. Polym. Sci. 110, 3638–3643. (2008)
3. Massaro, M., Riela, S., Cavallaro, G., Gruttadauria, M., Milioto, S., Noto, R., Lazzara, G., J. Organomet. Chem. 749, 410–417. (2014a)
4. Vergaro, V., Abdullayev, E., Lvov, Y.M., Zeitoun, A., Cingolani, R., Rinaldi, R., Leporatti, S., Biomacromolecules 11, 820–826. (2010)
5. Abdullayev, E., Price, R., Shchukin, D., Lvov, Y., ACS Appl. Mater. Interfaces 1 (7), 1437–1443. (2009)

DETERMINATION OF LANTHANIDES IN PHOSPHATE ROCKS BY INSTRUMENTAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS

Awad Hamdy Ahmed Mohamed[1], Zakaly Hesam M.H[1],
El Taher Atef[3], Sebak M.A. [4]
[1)] Southern Federal University, 344103, Rostov-on-Don, Zorge St., 40, Russia
[2)] Institute of Physics and Technology, Ural Federal University,
Yekaterinburg, Russia.
[3)] Physics Department, Faculty of Science, Al-Azhar University,
Assuit Branch, Assuit, Egypt.
[4)] Physics Department, Collage of Science and Arts, Jouf University,
Al Qurayat Branch, KSA
E-mail: hamdiawaad@gmail.com

Neutron activation analysis is the most used analytical technique for the determination of the rare-earth elements in geological matrices on account of its high sensitivity, of the possibility of determining all the elements and of the undisputed accuracy and reliability of its results.

The application of instrumental neutron activation analysis for the determination of long-lived rare earth elements (REE) in rock samples is considered in this work. The rare earth elements (REE) form the largest chemically coherent group in the periodic table. The versatility and specificity of the REE have given them a level of technological, environmental, and economic importance considerably greater than might be expected. The objective of this work was to determine the concentration of rare earth elements in phosphate samples from Egypt and Saudi Arabia, using both instrumental neutron activation analysis (INAA). The samples were prepared together with standard reference material and simultaneously irradiated in a neutron flux of 7 x 1012 n.cm-2 s-1 at ACTLAB activation laboratories Canada. Irradiated samples were measured using gamma-ray spectrometer based on HPGe detector. The choice of the nuclear reaction, irradiation and decay times and of the proper gamma ray measurement to determine the concentrations are presented and discussed. The Instrumental neutron activation analysis proved to be the more precise method for a wide range of REE contents and can be recommended for routine practice.

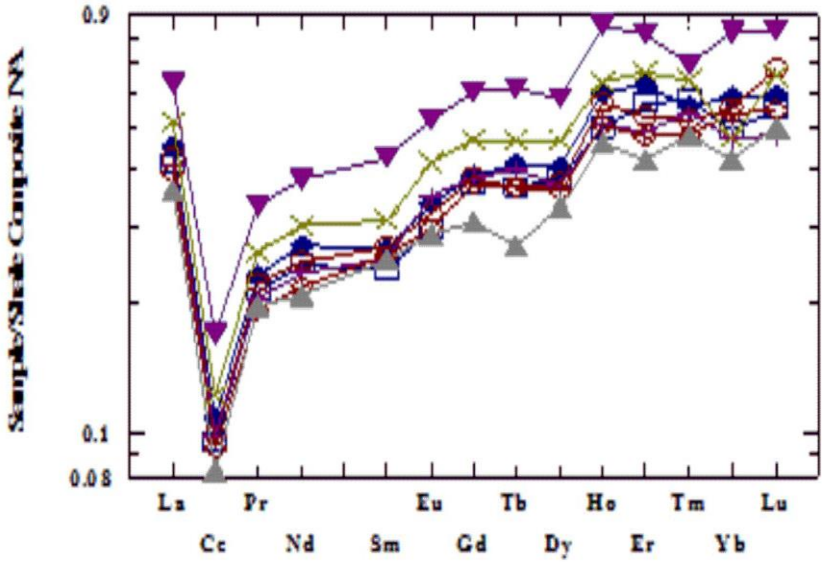


Fig. 1. The REEs concentration in Hazm Al-Jalamid phosphate samples normalized to the North American shale composite (NASC)

The authors would like to thank Associate professor/ Aleksey V Nastavkin, Institute of the earth sciences in the Southern Federal University.

1. El-Taher, A., Khater, A.E.M., 2016. Elemental characterization of Hazm El-Jalamid phosphorite by instrumental neutron activation analysis. Applied Radiation and Isotopes 114, 121-127.
2. Mazumdar, A., Banerjee, D.M., Schidlowski, M. and Balaram, V., 1999. Rare-earth elements and stable isotope geochemistry of early Cambrian chert-phosphorite assemblages from the Lower Tal Formation of the Krol Belt (Lesser Himalaya, India). Chem. Geol., 156, 275 – 297.
3. Ravisankar, R., Manikandan, E., Dheenathayalu, M., Brahmaji Rao Seshadreesan, N.P., Nair, K.G.M 2006 Determination and distribution of rare earth elements in beach rock samples using instrumental neutron activation analysis (INAA). Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 251, 496–500.
4. Smirnova, E., Fedorova, I., Sandimirova, G., Petrov, L., Balbekina, N., Lozhkin, V., 2003. Determination of rare earth elements in black shales by inductively coupled plasma mass spectrometry. Spectrochim Acta B. 58, 329-340.
5. Rezaee, K., Saion, E., Wood, A. K., & Abdi, M., 2010. Rare earth elements determination and distribution patterns in surface marine sediments of the South China Sea by INAA, Malaysia. J. Radioanal. Nucl.Chem. 283, 823-829.

ВЛИЯНИЕ СТАДИИ БИСЕРНОГО РАЗМОЛА СУСПЕНЗИИ ОКСИДНЫХ НОСИТЕЛЕЙ НА ТЕКСТУРНЫЕ, СТРУКТУРНЫЕ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТРЕХМАРШРУТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Бакшеев Е.О. [1,2], Аликин Е.А. [2], Денисов С.П. [2], Пронина М.О. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ООО «Экоальянс», г. Новоуральск, Россия
E-mail: rzmetall102@gmail.com

EFFECT OF THE STAGE OF BEAD MILLING OF A SUSPENSION OF OXIDE CARRIERS ON THE TEXTURAL, STRUCTURAL AND CATALYTIC PROPERTIES OF THREE-WAY CATALYSTS

Baksheev E.O. [1,2], Alikin E.A. [2], Denisov S.P. [2], Pronina M.O. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ecoaliance LLC, Novouralsk, Russia

The work is devoted to investigation effect of the bead milling stage of oxide supports slurry on thermal stability of three way catalysts coatings based on them. Results of the work can be used to develop TWC with high thermal stability and catalytic activity.

В качестве носителей платиновых металлов (ПМ) в трехмаршрутных катализаторах применяются γ- стабилизированный оксид алюминия и твердый раствор церия-циркония. Технологический процесс изготовления трехмаршрутного катализатора включает в себя стадию приготовления водной суспензии оксидных носителей с последующим бисерным размолом с целью снижения размера частиц D90 = 100 – 200 мкм до D90 = 5-10 мкм. Данная стадия является обязательной и позволяет формировать тонкослойное покрытие требуемого качества на носителях сотовой структуры. Бисерный размол в жидкой среде также обеспечивает высокий уровень гомогенности распределения компонентов в составе покрытия, формирование крупных транспортных пор и высокую адгезию покрытия.

Влияние бисерного размола на термостабильность компонентов катализатора зачастую не берется в расчет при их разработке. Однако в работе [1] было показано, что бисерное измельчение в жидкой среде приводит к изменению кристаллической структуры оксидов алюминия. При этом добавка бария позволяет ингибировать негативный эффект размола за счет стабилизации низкотемпературных фаз оксида алюминия.

На данный момент вопрос о влиянии стадии бисерного размола в жидкой среде на термическую стабильность структурных и текстурных характеристик твердого раствора церия-циркония не рассмотрен в открытых источниках. При этом было показано, что добавка бария снижает термическую стабильность данного материала. [2]

Таким образом, ключом дальнейшего усовершенствования покрытий трехмаршрутных катализаторов может быть сохранение полезных качеств оксидных носителей при преодолении ими стадии бисерного размола в суспензии.

В настоящей работе проведено исследование влияния бисерного размола в жидкой среде на текстурные свойства твердого раствора церия-циркония, γ- стабилизированного оксида алюминия и полноценного покрытия состоящего из смеси оксида алюминия и твердого раствора церия-циркония. Также был определен «защитный» и «негативный» вклад бария.

1. P.A. Bereskina, M.A. Mashkovtsev, E.O. Baksheev, E.A. Alikin and S.P. Denisov, Influence of surface modification by Ba and La on the properties of commercial alumina powders // AIP.Conf.Proc: 2019, 2174, 0200009, https://doi.org/10.1063/1.5134160
2. E.O. Baksheev, E.A. Alikin, S.P. Denisov, M.A. Mashkovtsev, N.V. Zhirenkina and S.V. Bujnachev, Investigation of barium influence on behavior of oxygen storage materials in three-way catalysts // AIP.Conf.Proc: 2020, 2313, 050002, https://doi.org/10.1063/5.0032287

СОРБЦИЯ ВОЛЬФРАМА АНИОНИТОМ PUROLITE A830

Балдина А.С. [1], Титова С.М. [1], Конькова А.В. [1], Евдокимов И.В. [1], Липатова М.Е. [1], Буньков Г.М. [1], Скрипченко С.Ю. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: baldina.anna@icloud.com

TUNGSTEN SORPTION BY ANION-EXCHANGER PUROLITE A830

Baldina A.S. [1], Titova S.M. [1], Konkova A.V. [1], Evdokimov I.V. [1], Lipatova M.E. [1], Bunkov G.M. [1], Skripchenko S. Yu. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Sorption characteristics of anion-exchanger Purolite A830 by W from Na2WO3 solutions with pH 2.5-3.0 were determined. The value of dynamic exchange capacity of resin at full saturation was 458,51 kg W m^{-3}. The 15% ammonia water solution was most effective eluent for W.

В настоящее время на вольфрамовых комбинатах накоплено большое количество отходов обогащения рудных концентратов, содержание WO_3 в которых составляет не менее 15%. Такие отходы являются перспективными источниками для дополнительного извлечения вольфрама.

Обычно вольфрамсодержащее сырье перерабатывается по традиционным схемам, включающим спекание с карбонатом натрия, выщелачивание, очистку продуктивных растворов экстракцией, либо осадительными методами [1].

В данной работе очистку растворов вольфрамата натрия, полученных в результате выщелачивания вольфрамсодержащих хвостов гидроксидом натрия, предложено вести методом ионного обмена. На сорбционную переработку поступали модельные растворы Na_2WO_4, содержащие 7,14 г/дм^3 – W; 15 г/дм^3 – NaOH. Растворы подкисляли серной кислотой до pH 2,7-3,0. По результатам исследований сорбции в статическом режиме, наиболее эффективно извлечение вольфрама из растворов указанного состава осуществляется слабоосновным анионитом Purolite A830.

Для определения динамических емкостных характеристик данного сорбента по отношению к W раствор вышеуказанного химического состава фильтровали через слой анионита, загруженного в вертикально установленную колонку, при фазовом соотношении Т:Ж=1:1. Выходная кривая сорбции вольфрама приведена на рис. 1. Значение полной динамической обменной емкости анионита Purolite A830 велико и составило 458,51 кгW/м^3 смолы. При этом полное насыщение достигнуто при пропускании 123,9 колоночных объемов раствора через слой ионита.

Десорбцию вольфрама из фазы насыщенного анионита Purolite A830 вели индивидуальными (5–15)% водными растворами аммиака, а также растворами аммиака с добавлением (5-15)% сульфата аммония. По результатам эксперимента в статическом режиме, наиболее эффективно десорбция вольфрама осуществлялась индивидуальным раствором аммиака с содержанием NH_3, равным 15% (степень десорбции W при фазовом соотношении Т:Ж=1:25 составила 69,62%). Увеличение фазового соотношения Т:Ж до 1:200 способствовало повышению степени десорбции до 74,29%, однако, при этом концентрация W в десорбате снижалась.

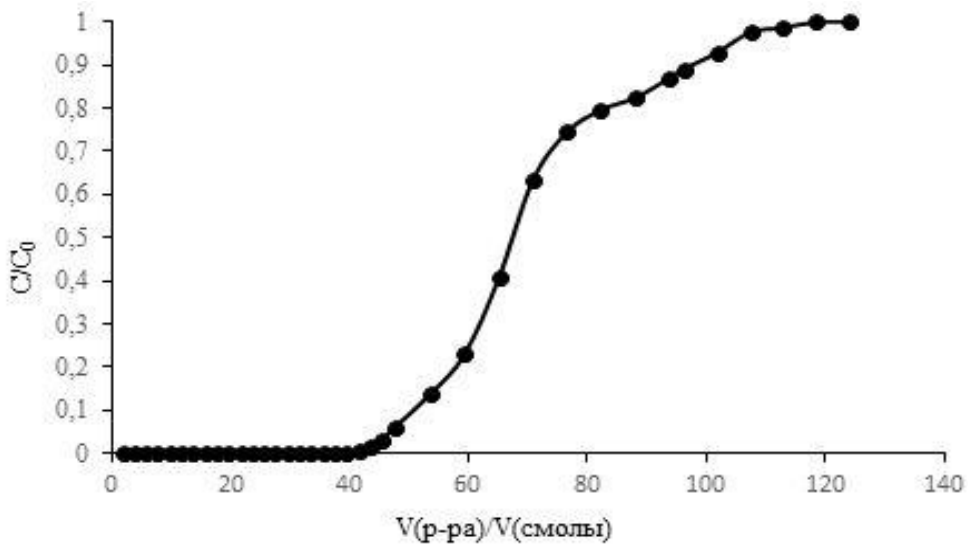


Рис. 1. Выходная кривая сорбции вольфрама анионитом Purolite A830 из растворов вольфармата натрия

Степень десорбции вольфрама 15% водным раствором аммиака в динамическом режиме при фазовом соотношении Т:Ж=1:1 составила 94%. Данное значение степени десорбции вольфрама достигнуто при пропускании через слой ионита 19,6 колоночных объемов элюирующего раствора, при этом максимальное значение концентрации W в десорбате составило 12,84 г/дм^3.

Таким образом, в данной работе были определены значения динамических сорбционных характеристик анионита Purolite A830 по отношению к вольфраму при извлечении из модельных растворов выщелачивания вольфрамсодержащих отходов, а также выбран наиболее эффективный состав десорбирующего раствора.

1. Коровин С.С., Дробот Д.В., Федоров П.И. и др. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология. В 3-х книгах. Книга II. – Москва : «МИСИС», 1996. – 461 с

ВЛИЯНИЕ МЕХАНОАКТИВАЦИИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ТВЕРДОФАЗНОГО СИНТЕЗА НА СОСТАВ И РАЗМЕР ЧАСТИЦ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА

Баженов С.В. [1,2], Курлов А.С. [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: steam_fax@mail.ru

EFFECT OF MECHANICAL ACTIVATION AND SOLID-STATE SYNTHESIS TEMPERATURE ON THE COMPOSITION AND GRAIN SIZE OF TUNGSTEN CARBIDE

Bazhenov S.V. [1,2], Kurlov A.S. [2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Solid State Chemistry of the Ural Branch of the RAS, Yekaterinburg, Russia

This study reports that the preliminary mechanical activation of the W and C powder mix prior to the synthesis allows for obtaining a single-phase WC at significantly lower temperatures. This results in smaller mean grain sizes but also increases the amount of free carbon in the WC powder.

Монокарбид вольфрама WC с гексагональной структурой (пр. гр. P-6m2) является наиболее востребованным соединением в системе W-C. Обладая высокой твердостью наряду с чрезвычайно высоким модулем упругости, уступающим только алмазу и W_2B_5, а также высокой электро- и теплопроводностью, WC служит основным компонентом большинства известных твердых сплавов, составляющих основную часть всех инструментальных материалов.

Промышленное производство порошка WC обычно достигается путем смешивания порошка вольфрама со стехиометрическим количеством технического углерода (сажи) и последующей термообработки в атмосфере водорода при температурах от 1050 до 2100°C [1]. Состав и размер частиц порошка WC являются наиболее важными факторами, определяющими свойства изготовленных из них твердых сплавов. Уменьшение размера частиц WC сопровождается повышением эксплуатационных характеристик твердых сплавов. Снижение температуры синтеза позволяет получать порошки с меньшим размером частиц, но замедляет твердофазный синтез, приводя к образованию многофазного порошка, содержащего наряду с WC, нежелательные фазы W_2C и W. Известно, что предварительная механоактивация порошковой смеси W и C позволяет повысить ее реакционную способность, благодаря которой увеличивается скорость и полнота протекания реакции [2].

В настоящей работе исследовано влияние предварительной механоактивации порошковой смеси W и C, а также температуры вакуумного синтеза на состав и размер частиц получаемого порошка WC.

Механическая активация исходной реакционной порошковой смеси W ($D_{ср}$ = 0.8 мкм) и C (сажа, $D_{ср}$ = 0.4 мкм) осуществлялась в планетарной шаровой мельнице Fritsch Pulverisette 7, используя мелющие шары и размольные стаканы из твердого сплава WC-Co. Твердофазный синтез WC из компактированных порошковых смесей проводился в высокотемпературной вакуумной печи Centorr LF-22-2000 в интервале температур от 1000 до 1200°C в вакууме~10^{-2} Па с выдержкой в течение 1 часа. После синтеза плотные цилиндрические образцы перетирались в порошок, который аттестовывали с помощью рентгеновской дифракции, сканирующей электронной микроскопии и химического анализа на содержание общего и свободного углерода, а также определяли его удельная поверхность.

Проведенные исследования показали, что предварительная механоактивация порошковой смеси позволяет понизить температуру получения однофазного WC в вакууме до 1000°C. Снижение температуры синтеза сопровождается увеличением удельной поверхности порошка и, как следствие, уменьшением среднего размера частиц WC. Однако, понижение температуры синтеза приводит и к нежелательным последствиям – присутствию в порошке WC свободного углерода.

1. E. Lassner, W. D. Schubert, Tungsten: Properties, Chemistry, Technology of the Element, Alloys and Chemical Compounds, Kluwer Academic/Plenum Publisher, New York (1999).
2. A. S. Rogachev, Russ. Chem. Rev. 88 (9) 875-900 (2019).

ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УСЛОВИЙ ВОЗБУЖДЕНИЯ ОТ ХАРАКТЕРИСТИК ДУГОВОГО РАЗРЯДА

Бекмансурова Л.И. [1], Зотова Э.Л. [1], Домбровская М.А. [1], Лисиенко Д.Г. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: l-bekmansurova@mail.ru

THE STUDY OF THE EXCITATION CONDITIONS DEPENDENCE ON THE ARC DISCHARGE CHARACTERISTICS

Bekmansurova L.I. [1], Zotova E.L. [1], Dombrovskaya M.A. [1], Lisienko D.G. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The methods of plasma diagnostics were studied. The concentrations of the "indicator" elements of zinc and manganese were selected. The dependences of the discharge temperature and the electron concentration in the plasma on the varying characteristics of the discharge are obtained.

При регистрации спектров необходимо контролировать параметры разряда наиболее сильно влияющие на интенсивность линий аналитов - температуру и концентрацию электронов.

Для измерения эффективной температуры источника возбуждения использовали метод Орнштейна, основанный на регистрации интенсивности двух спектральных линий цинка (307,6 нм и 307,2 нм) с сильно различающимися энергиями возбуждения 4,03 и 8,11 эВ.

Определение концентрации электронов проводили по относительной интенсивности атомной и ионной линий марганца (Mn I 279,5 нм и Mn II 260,5 нм). Достоинством этой пары является близость энергий возбуждения линий, что позволяет достаточно легко прослеживать изменение степени ионизации элемента под воздействием влияющих факторов. При оценивании концентрации электронов использовали значения температуры разряда, установленной описанным выше методом.

Все измерения проводили на установке, в состав которой входят спектрометр PGS-2 (Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH, Германия), оснащенный многоканальным твердотельным детектором МАЭС (ООО «ВМК-Оптоэлектроника», г. Новосибирск), и среднечастотный дуговой генератор «Везувий» (ООО «ВМК-Оптоэлектроника», г. Новосибирск). В качестве варьируемых характеристик дугового разряда выбраны сила тока, межэлектродное расстояние, содержание спектроскопического буфера, потенциал ионизации основного компонента пробы.

В анализируемом материале в виде графита порошкового в серии линейных экспериментов установлена концентрация марганца и цинка, обеспечивающая оптимальные для регистрации интенсивности линий элементов. Для каждого из исследуемых параметров реализовано по 5 измерений для пяти разных значений.

Силу тока дуги изменяли в диапазоне от 5 до 15 А, межэлектродное расстояние - от 0,5 до 2,5 мм, массовую долю спектроскопического буфера - калия в виде сульфата - от 0,1 до 5 %, в качестве основного компонента пробы, задающего эффективный потенциал ионизации плазмы, использовали литий, калий, свинец, медь и кальций в виде устойчивых соединений: Li_2CO_3, K_2SO_4, PbO, CuO, CaO.

Выполненные исследования использованы для постановки лабораторной работы магистрантов физико-технологического института по курсу «Методы атомной спектрометрии» образовательной программы «Аналитический контроль природных и технических объектов» по направлению 18.04.01. УрФУ [1].

1. Методы атомного спектрального анализа: Метод. указания к лаб.практикуму / сост. М. А. Домбровская, Д. Г. Лисиенко – Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2015. – 52 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ SR-90 В ПРОБАХ ПРИРОДНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЕНТА ТЕРМОКСИД-3К

Белоконова Н.В. [1], Воронина А.В. [1], Тарасовских Т.В. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: nadyusha.ru2@gmail.com

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETERMINATION OF SR-90 IN NATURAL WATER SAMPLES USING SORBENT THERMOXID-3K

Belokonova N.V. [1], Voronina A.V. [1], Tarasovskikh T.V. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The sorption and desorption of Sr-90 by a T-3K sorbent from tap water under dynamic conditions has been studied. It was shown that the concentration yield was 92%. Desorption of strontium was carried out with a 1M HCl solution.

Водная миграция радиоактивных и других загрязняющих веществ играет существенную роль в задачах охраны здоровья человека и окружающей среды. Реки переносят радиоактивные вещества на большие расстояния от источника. Долгоживущие радионуклиды, накапливаясь в донных отложениях и береговой зоне, могут служить источником облучения населения и гидробионтов в течение длительного времени. Загрязнение радионуклидами рек и водоемов, а также их пойм приводит к облучению населения за счет потребления загрязненной рыбы и питьевой воды, купания, рыбной ловли, пребывания на загрязненной территории, потребления растительной пищи, выращенной на загрязненной территории, потребления мяса и молока животных, водопой и выпас которых происходили на

загрязненной территории. Поэтому разработка методов определения радионуклидов с низким пределом обнаружения является важной актуальной задачей.

В работе проведено комплексное исследование физико-химических и сорбционных свойств сорбентов Т-3 и Т-3К, производства ПНФ «Термоксид». Сорбенты представляют собой гидроксид циркония (Т-3) и карбонатсодержащий гидроксид циркония (Т-3К), являются микропористыми с небольшой долей мезопор. В отличие от Т-3 у сорбента Т-3К удельная поверхность 95 $м^2/г$ в основном представлена внешней поверхностью 80,7 $м^2/г$. Следовательно, реакции взаимодействия сорбента со Sr-90 будут протекать на поверхности, что даёт кинетические преимущества при сорбции и десорбции. Показано, что сорбент Т-3 не извлекает Sr-90 из слабоминерализованной воды, а сорбция Т-3К происходит только за счет образования карбоната стронция на поверхности сорбента.

Разработан метод определения Sr-90 в природных водах с использованием для концентрирования сорбента Т-3К. Концентрирование стронция проводили в динамических условиях из пробы воды объёмом 1 л. Выход в концентрат составил 0,92. Sr-90 десорбировали раствором 1М HCl с последующим радиометрированием проб на полупроводниковом радиометре УМФ-2000.

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 (III) И СУРЬМЫ (III) ИЗ РАСТВОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОКОМПОЗИТА MnO_2/C

Белозерова А.А. [1,2], Печищева Н.В. [1,2], Эстемирова С.Х. [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 (III) AND ANTIMONY (III) FROM SOLUTIONS USING NANOCOMPOSITE MnO_2/C

Belozerova A.A. [1,2], Pechishcheva N.V. [1,2], Estemirova S.K. [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

This work demonstrates the possibility of adsorption of arsenic (III) and antimony (III) from solutions using the nanocomposite MnO_2/C (where C is mechanically activated graphite).

Мышьяк и сурьма - элементы VA группы периодической системы Д.И. Менделеева - используются в различных областях промышленности и науки. В окружающую среду мышьяк и сурьма поступают в результате антропогенной деятельности. Попадая в окружающую среду, мышьяк, сурьма и их соединения способны оказывать вредное воздействие на здоровье человека и экосистему. Наибольшую угрозу для здоровья людей представляют мышьяк и сурьма, содержащиеся в грунтовых водах. Одним из эффективных способов очистки водных растворов от мышьяка и сурьмы является их сорбция с использованием оксида марганца (IV) и сорбентов на его основе [1-3].

Данная работа посвящена исследованию сорбционных свойств нанокомпозита MnO_2/C (где C - механоактивированный графит) по отношению к ионам мышьяка (III) и сурьмы (III). Синтез нанокомпозита MnO_2/C выполнялся с использованием методики, представленной в работе [4].Первая стадия - механоактивация графита - проводилась с помощью высокоэнергетической планетарной мельницы (Fritsch Pulverisette 7 Premium Line) до получения нанокристаллического порошка со средним размером кристаллитов ~ 10 нм и длилась 120 минут. Вторая стадия – ультразвуковая обработка смеси механоактивированный графит и раствора $KMnO_4$ (соотношение $KMnO_4$:C - 1:1) – проводилась в ультразвуковой ванне в течение 100 минут. Полученный композит высушивали при 105° С в течение часа. Сорбцию проводили в статическом режиме в течение 30 минут с использованием ультразвука для ускорения установления адсорбционного равновесия. Степень извлечения мышьяка и сурьмы рассчитывали, как отношение разницы между исходным и конечным содержанием в растворе к исходному содержанию, выраженное в процентах. Содержание ионов в растворах определяли с

помощью атомно-эмиссионного спектрометра Optima 2100 DV» фирмы «Perkin Elmer». Было изучено влияние кислотности раствора, времени контакта фаз, количества сорбента на полноту извлечения ионов мышьяка (III) и сурьмы (III) из растворов с использованием нанокомпозита MnO_2/C. При оптимальном значении pH, равном 2, были получены изотермы сорбции мышьяка (III) и сурьмы (III) на нанокомпозите MnO_2/C, которые были обработаны при помощи моделей Ленгмюра, Фрейндлиха, Дубинина-Радушкевича. Установлено, что для описания процесса сорбции мышьяка (III) и сурьмы (III) из растворов на нанокомпозите MnO_2/C лучше всего подходит модель Фрейндлиха (наибольший коэффициент корреляции R^2). Максимальная сорбционная емкость по уравнению Ленгмюра составила 22,5 и 37, 7 мг/г для мышьяка (III) и сурьмы (III) соответственно.

Работа выполнена по Государственному заданию ИМЕТ УрО РАН в рамках Программы фундаментальных исследований государственных академий, с использованием оборудования центра коллективного пользования ЦКП Урал-М.

1. J. Liu, Xiao Ge, Xinxin Ye, Guozhong Wang, Haimin Zhang, Hongjian Zhou, Yunxia Zhang, Huijun Zhao, J. Mater. Chem. A, 4, 1970–1979 (2016).
2. H. Wang, Y. Wang, Y. Sun, X. Pan, D. Zhang, Y.F.Tsang, Process Saf. Environ. 113, 40–47 (2018).
3. W. Xu, H. Wang, R. Liu , X. Zhao, J. Qua, Journal of Colloid and Interface Science, 363, 320–326 (2011).
4. Н.В. Печищева, С.Х. Эстемирова, Г.А. Кожина, К.Ю. Шуняев, М.Ю. Скрыльник Бутлеровские сообщения, 44, 11, 49 – 54 (2015).

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕРАСТВОРИМОГО ОСТАТКА СОЛЯНОКИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА ИЗ ШЛАМА

Наливайко К.А. [1], Скрипченко С.Ю. [1], Пастухов А.Д. [1], Березина М.Э. [1], Яковлева О.В. [1], Абдрахманова А.К. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: berezina_masha1999@mail.ru

PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE INSOLUBLE RESIDUE OF HYDRANIC ACID LEACHING OF URANIUM FROM SLUDGE

Nalivaiko K.A. [1], Skripchenko S.Yu. [1], Pastukhov A.D. [1], Berezina M.E. [1], Yakovleva O.V. [1], Abdrahmanova A.K. [1]
[1)] Ural Federal University

Leaching of sludge by solutions of 120-160 gL^{-1} HCl at 80 °C provides a decrease in the mass of insoluble residue in 2-3 times. The moisture content is 12-26% the average particle diameter is 60-100 μm. The insoluble residue consists of $CaSO_4*2H_2O$, CaF_2, graphite and two modifications of SiO_2.

На предыдущем этапе исследований было установлено, что содержание урана в шламе, накопленном за годы производственной деятельности предприятия, осуществляющего переработку первичных урановых концентратов, составляет 0,143-0,172% [1]. Таким образом, данные твердые радиоактивные отходы могут выступать потенциальным источником урана для атомной промышленности. Кроме того, в настоящее время шлам находится в поверхностных хранилищах, и за счет его переработки возможно сокращение объема и уменьшение удельной активности твердых отходов, что существенно снизит их воздействие на окружающую среду. Результаты предыдущих исследований показали, что шлам преимущественно состоит из $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (45-50%), $CaCO_3$ (22-30%) и CaF_2 (10-15%) [1]. Поэтому с целью уменьшения количества твердых отходов для выщелачивания урана из шлама использовали соляную кислоту, так как растворимость гипса в присутствии данного реагента возрастает.

В ходе исследований установлено, что при использовании для извлечения урана соляной кислоты масса нерастворимого остатка в пересчете на сухое вещество составляет 37-54% от массы исходного шлама и зависит от параметров проведения процесса выщелачивания. Благоприятное влияние на степень снижения массы твердой фазы оказывает повышенная температура, особенно в сочетании с высокой кислотностью. Выщелачивание растворами 120-160 г/дм^3 HCl при 80 °C обеспечивает уменьшение массы сухого кека в 2-3 раза в сравнении с массой сухого шлама. При этом степень извлечения урана составляет порядка 97%.

Влажность кека составляет 12-26%. С ростом концентрации избыточной HCl наблюдается снижение влажности нерастворимого остатка, что объясняется растворением гидроксидов металлов, которые ухудшают водоотдающую способность осадков. Согласно результатам рентгенофазового анализа, нерастворимый остаток состоит из $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (62-84%), CaF_2 (10-31%), графита (2,5-6,5%) и SiO_2 двух модификаций (суммарно 1-5%). С ростом концентрации выщелачивающего реагента и температуры ведения процесса увеличивается степень растворения гипса, оксида кремния и фторида кальция.

По данным гранулометрического анализа средний диаметр частиц кека находится в интервале 60-100 мкм и зависит от параметров проведения процесса. При выщелачивании горячими (80 °C) крепкими растворами соляной кислоты (120-160 г/дм^3), когда шлам претерпевает наибольшие фазовые изменения, размер частиц нерастворимого остатка составляет около 100 мкм. При выщелачивании слабыми по кислоте растворами средний диаметр частиц кека независимо от температуры ведения процесса находится в интервале 60-70 мкм.

Средние значения удельной активности сухих образцов шлама и нерастворимого остатка составляют соответственно 43 и 16,6 кБк/кг для суммарной α-активности и 45 и 18 кБк/кг для суммарной β-активности. Таким образом, суммарная удельная альфа- и бета-активность твердых отходов после выщелачивания снижается примерно в 2-3 раза.

1. V. N. Rychkov, K. A. Nalivayko, S. M. Titova and S. Yu. Skripchenko, AIP Conf. Proc. 2313, 050021 (2020)

ВЫДЕЛЕНИЕ РАДИЯ – 228 ИЗ ТОРИЯ -232 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЕНТА MnO_2 - MN202

Берсенева М.А. [1], Малышев А.С. [1], Юлдашбаева А.Р. [1], Семенищев В.С. [1], Кириллов Е.В. [1], Кириллов С.В. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: maryanaberseneva@mail.ru

SEPARATION OF RADIUM – 228 FROM THORIUM-232 USING MnO_2 - MN202 SORBENT

Berseneva M.A. [1], Malyshev A.S. [1], Yuldashbaeva A.R. [1], Semenishchev, V.S. [1], Kirillov E.V. [1], Kirillov S.V. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The work is devoted to the study of the sorption of radium-228 on the microporous adsorbent MN202, on the surface of which a layer of manganese dioxide is deposited. As a result of the study, a solution of radium-228 was obtained, purified from radium-224 and its decay products.

Авторами работы [1] была предложена методика сорбции Ra–228 на тонкослойном сорбенте MnO_2 – ТАЦ, который представляет собой слой диоксида марганца, нанесенного на плоскую подложку триацетат целлюлозы.

В рамках нашего исследование были проведены опыты по нанесению слоя диоксида марганца на поверхность макропористого сорбента MN202, который обладает большой площадью поверхности по сравнению со стандартными адсорбентами. Использование в исследованиях сорбции катионов MnO_2 обусловлено большой площадью поверхности оксида и его высокой способностью сорбировать катионы, особенно тяжелые металлы. Для нанесения оксида марганца на поверхность сорбента, навески смолы массой 5 г помещали в пластиковую пробирку и перемешивали с 0,1 М раствором $KMnO_4$ объемом 30 $см^3$ в течение 24 ч. Далее при помощи фильтрации отделили раствор от сорбента, поверхность сорбента промывали раствором разбавленной соляной кислоты. Затем смола 24 ч выдерживалась в сушильном шкафу при температуре 50 ^oC для удаления остатков влаги.

На полученном сорбента проводили сорбцию радия из раствора нитрата тория. Для исследований использовался химически чистый нитрат тория. Для предотвращения гидролиза тория в раствор вводили этилендиаминтетрауксусную кислоту (ЭДТА) в качестве лиганда, который образует стабильные комплексные соединения с Th^{4+}. Выделение радия из раствора нитрата тория полученным сорбентом возможно при соотношении ЭДТА/Th, максимально близком к 1 [2]. pH раствора нитрата тория равен 5. Сорбцию проводили в колонке объемом 5 $см^3$. Полученную фракцию радия выдерживали в течение 30 дней для удаления Ra–

224 и продуктов его распада. В результате исследования бы получен раствор Ra–228.

1. V. S. Semenishchev, N. D. Betenekov, L. A. Tomashova and A. V. Voronina, AIP Publishing LLC, Soc. 1886, Iss. 1, 020061 (2017).
2. V. S. Semenishchev, T. A. Nedobukh, A. V. Voronina, I. V. Kirichenko, A. S. Malyshev, and E. V. Kirillov, Applied Radiation and Isotopes, Soc. 166, 109382 (2020).

ВЛИЯНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО АЛЮМИНИЯ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ КРАСНЫХ ШЛАМОВ ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Бибанаева С.А. [1], Пасечник Л.А. [1], Скачков В.М. [1], Яценко С.П. [1]
[1)] ИХТТ УрО РАН
E-mail: bibanaeva@mail.ru

INFLUENCE OF METALLIC ALUMINUM ON THE PHASE COMPOSITION OF RED MUD OF ALUMINA PRODUCTION

Bibanaeva S.A. [1], Pasechnik L.A. [1], Skachkov V.M. [1], Yatsenko S.P. [1]
[1)] Institute of Solid State Chemistry of the Ural Branch of RAS

The paper is devoted to study of influence of metallic aluminum on phase composition and morphology of spent red mud under conditions of autoclave high-temperature decomposition. X-ray phase studies were conducted to determine the composition and structure of new compounds in the spent red mud.

Аннотация: Работа посвящена изучению влияния металлического алюминия на фазовый состав и морфологию отработанных красных шламов (КШ) в условиях автоклавного высокотемпературного разложения. Проведены рентгенофазовые исследования, направленные на определение состава и структуры новых соединений в отработанном красном шламе.

Ранее было установлена возможность параллельного выщелачивания алюминия и восстановления железа диаспор-бемитовых бокситов и красных шламов (КШ) в присутствии реагентов, способствующих снижению потерь алюминия с отработанным шламом и протеканию процесса конверсии гематита в магнетит [1-2]. Показано положительное влияние металлсодержащих добавок, создающих восстановительные условия ведения процесса.

В представленной работе был использован КШ, содержащий (масс. %) 31,45 Fe_2O_3; 11,33 Al_2O_3; 3,84 TiO_2; 9,79 CaO; 2,29 Na_2O и др. Восстановительное выщелачивание проводили при варьировании концентрации NaOH и соотношения Ж:Т = (4-8):1, в качестве восстановителя использовали гранулированный алюминий (ч.д.а.) в количестве 2-4 % от массы боксита. Подготовленная пульпа загружалась в лабораторный автоклав (Parr 4560) и выдерживалась при температуре 260 и давлении 35-36 атм. в течение 6 часов при перемешивании со скоростью

100 об/мин. По окончании фильтрат и отработанный шлам разделяли центрифугированием и анализировали различными физико-химическими методами. Химический анализ использовали для определения Na_2O и Al_2O_3 в алюминатном растворе, для изучения состава и морфологии отработанного шлама – рентгенофазовый анализ (РФА, Shimadzu XRD 700) и сканирующая электронная микроскопия (СЭМ, JEOL JSM 6390 LA).

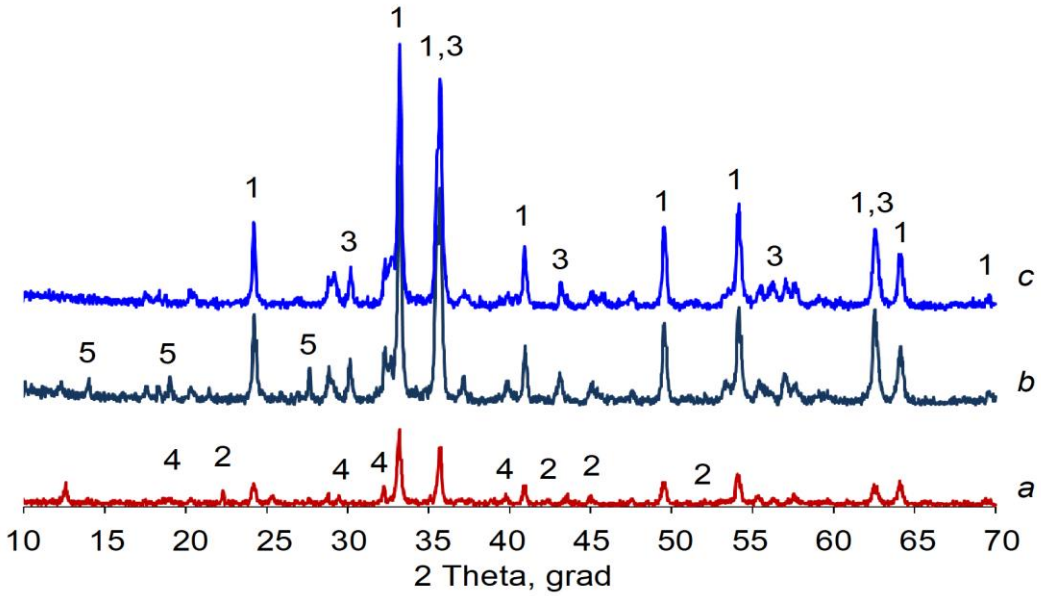


Рис. 1. Дифрактограммы КШ: a – исходный, b – отработанный при Ж:Т = 4:1, c – отработанный при Ж:Т = 8:1; фазы: 1 – Fe_2O_3, 2 – AlO(OH), 3 – Fe_3O_4, 4 – $Ca_3AlFe(SiO_4)(OH)_8$, 5 – $Na_8Al_6Si_6O_{24}(OH)_2$

Исходный КШ представлен фазами гематита, гидроксида алюминия, кальциевыми и натриевыми алюмосиликатами, как видно на рисунке 1 (дифрактограмма a). В результате проведения автоклавной обработки при Ж:Т = 4:1 в присутствии металлического алюминия в отработанном КШ наблюдается появление фазы магнетита вследствие частичного восстановления железа(III) в составе гематита в восстановительной атмосфере. Это приводит к снижению содержания гематита на фоне образовавшихся кальциевых и непрореагировавших натриевых алюмосиликатов. Увеличение концентрации щелочи в автоклавной пульпе и повышение соотношения Ж:Т до 8:1 в равных условиях соотношения КШ к металлическому алюминию способствуют полному разрушению натриевых алюмосиликатов и увеличению выхода алюминия в алюминатный раствор. .

Таким образом, показано, что металлический алюминий может быть использован в качестве восстановительного и выщелачивающего реагента при высокотемпературной автоклавной переработке КШ глиноземного производства с получением магнетитсодержащего отработанного КШ.

1. L.A. Pasechnik, V.M. Skachkov, E.A. Bogdanova, A.Yu. Chufarov, D.G. Kellerman, I.S. Medyankina and S.P. Yatsenko, Hydrometallurgy 196, 105438 (2020).
2. С.А. Бибанаева, Л.А. Пасечник, В.М. Скачков, В.Т. Суриков и С.П. Яценко, Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов, 12, 784-791 (2020).

СОРБЦИЯ УРАНА ИЗ ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРОВ КАРБОНАТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ШЛАМОВ

Боброва В.А. [1], Наливайко К.А[1], Титова С.М[1], Евдокимов И.В. [1], Муравлева А.М. [1], Яковлева О.В. [1], Скрипченко С.Ю. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: bobrova_post@mail.ru

URANIUM SORPTION FROM PREGNANT SOLUTIONS OF SLUDGE CARBONATE LEACHING

Bobrova V.A. [1], Nalivaiko K.A. [1], Titova S.M. [1], Evdokimov I.V. [1], Muravleva A.M[1], Yakovleva O.V. [1], Skripchenko S.Yu. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The possibility of uranium recovery from pregnant solutions of sludge carbonate leaching by strong basic anion-exchangers was studied. Sorption of U by resins in carbonate and chloride forms was not effective, and residual content of uranium in liquid phase after sorption was high.

Проблема переработки урансодержащих шламов, образующихся в результате деятельности урановых заводов, весьма актуальна. Радиоактивные отходы хранятся в открытых поверхностных хвостохранилищах, с течением времени уран и продукты его распада могут выщелачиваться за пределы хвостохранилища попадая в поверхностные и грунтовые воды, в результате чего, подобные хвостохранилища являются потенциальными источниками загрязнения окружающей среды прилегающих территорий. Для предотвращения выхода радиоактивных веществ в окружающую среду, хвостохранилища окружают системой дренажей и укреплений, однако данные меры не обеспечивают защиту окружающей среды от загрязнений в полной мере. Таким образом, самым эффективным средством борьбы с загрязнением является устранение источника загрязнения, т.е. переработка накопленных шламов различными гидрометаллургическими методами.

Выщелачивание - перспективный метод переработки таких отходов. Традиционно в качестве выщелачивающего агента применяют серную кислоту либо карбонатные растворы. Однако, продуктивные растворы (ПР) выщелачивания характеризуются сложным химическим составом, требующим отделения урана от

примесей и его концентрирования. Для данных целей эффективно применение метода ионного обмена.

Исследуемые шламы характеризуются высоким содержанием карбоната кальция, которое, по данным рентгенофазового анализа, составило 29,35% (при этом массовая доля урана в образце шлама на превышает 0,17%). Таким образом, выщелачивание шлама целесообразно осуществлять по карбонатной схеме, основанной на переводе урана из твердой фазы в жидкую в результате образования уранилтрикарбонатного аниона [1].

Сорбционную переработку карбонатных продуктивных растворов необходимо осуществлять на анионитах. В данной работе сорбцию урана вели сильноосновными анионитами торговых марок Granion, АМП, АМП-п, Axionit U9, Axionit URG-1, Lewatit K6367, Purolite A660, взятыми как в хлоридной форме, так предварительно переведенными в CO_3^{2-} рабочую форму. Продуктивный раствор был получен в результате карбонатного выщелачивания шламов раствором Na_2CO_3 с концентрацией 200 г/дм^3. Содержание урана в ПР составило 109,1 мг/дм^3. Массу навески анионита 50 мг приводили в контакт со 100 см^3 продуктивного раствора при постоянном перемешивании. Время контакта фаз составило 7 суток, после чего фазы разделяли, маточники сорбции анализировали на содержание урана методом ICP-AES. На рис. 1 приведены значения сорбируемости урана исследуемыми анионитами.

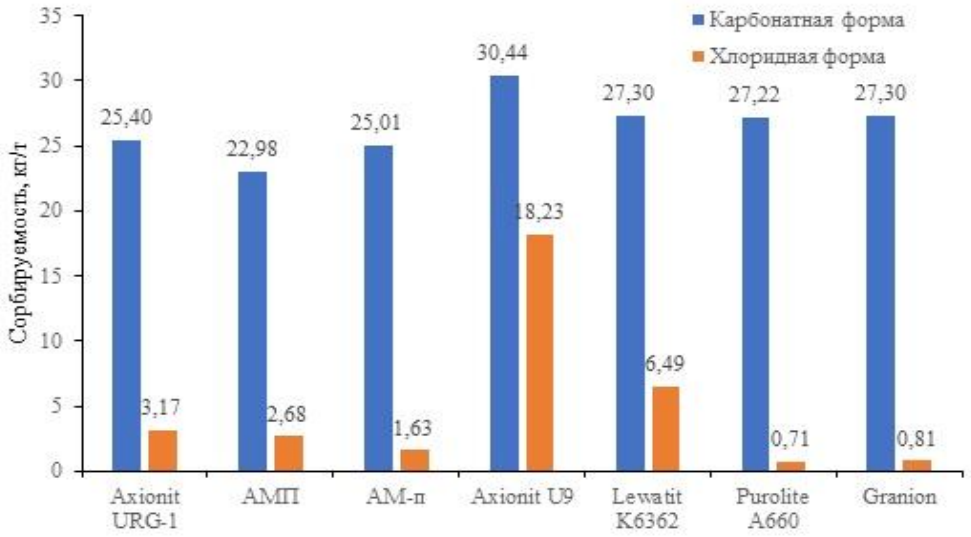


Рис. 1. Значения сорбируемости анионитов в карбонатной и хлоридной форме по урану

Сорбция урана из продуктивных карбонатных растворов исследуемыми анионитами неэффективна. Сорбируемость урана анионитами в карбонатной рабочей форме намного выше соответствующих значений для анионитов в хлоридной форме, однако при этом остаточное содержание урана в маточнике сорбции велико и составило 95-97 мг/дм^3.

Таким образом, необходим поиск условий, обеспечивающих эффективное извлечение урана из продуктивных растворов карбонатного выщелачивания шлама, что является перспективой для дальнейшего исследования.

1. Тураев Н.С., Жерин И.И. Химия и технология урана: Учебное пособие для вузов. – Москва : ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2005. – 407 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТЫ НИЗКОЧАСТОТНОГО АКСИАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СКОРОСТЬ ДЕКОЛОРИЗАЦИИ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЕГО ТИОСУЛЬФАТОМ НАТРИЯ

Богатов Н.А. [1,2], Савина А.С. [1], Щербакова Е.А. [1], Абдрахманов А.Р. [1]
[1)] РХТУ им. Д.И. Менделеева
[2)] МГТУ им. Н.Э. Баумана
E-mail: nikitabogatov@list.ru

STUDY OF THE INFLUENCE OF LOW-FREQUENCY AXIAL IMPACT ON THE RATE OF METHYLENE BLUE DECOLORIZATION BY SODIUM THIOSULPHATE

Bogatov N.A. [1,2], Savina A.S. [1], Shcherbakova E.A. [1], Abdrahmanov A.R. [1]
[1)] D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia
[2)] Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

This article presents the results of a study of a low-frequency acoustic field in the frequency range from 10 to 100 Hz on the redox reaction of a thiazine dye methylene blue with sodium thiosulfate. The effect of frequency on the process of dye decolorization was determined.

Представленная работа является результатом исследования влияния низкочастотных аксиальных гармонических колебаний в диапазоне от 10 до 100 Гц на окислительно-восстановительную реакцию тиазинового красителя метиленового синего с тиосульфатом натрия. Экспериментальный стенд состоит из линейного колебательного контура, усилителя низких частот и генератора низкочастотных сигналов Г3-112 [2]. На колебательном контуре закреплен фторопластовый поршень, вводящий низкочастотное воздействие в реактор, представляющий собой мерный цилиндр объемом 100 мл, в котором находится исследуемая система объемом 50-55 мл. Изменения в состоянии исследуемой системы измерялись методом абсорбционной спектроскопии на длине волны 665 нм (мономерная форма красителя) с помощью спектрофотометра ЮНИКО-1204.

Выбор тиазинового красителя метиленового синего и его мономерной формы был подробно описан в более ранних работах [1,3]. Выбор восстановителя тиосульфата обоснован следующими факторами: он восстанавливает метиленовый

синий до лейкоформы (реакция деколоризации тиазинового красителя) и достаточно быстро окисляется кислородом; в итоге мы получаем систему, в которой оба компонента и их состояние зависит от концентрации растворенных газов в реакционной среде. Поскольку ранее нами было предположено, что на процесс восстановления красителя оказывает влияние кислород, то оба компонента модельной реакции представляют значительный интерес.

Нами были получены зависимости изменения оптической плотности от частоты воздействия аксиальных гармонических колебаний (рис.1а) и отношение изменения оптической плотности образца, подвергнутого воздействию, к изменению оптической плотности контрольного образца (рис. 1б). Из рис. 1а первоначально можно сделать вывод, что при увеличении частоты воздействия изменение оптической плотности увеличивается и достигает максимума в районе 70 Гц. При этом отношение изменения оптической плотности образца, подвергнутого воздействию низкочастотных колебаний, к изменению оптической плотности контрольного образца минимально на интервале от 10 до 25 Гц, на интервале 25-45 Гц - резко увеличивается, при 55 и 90 Гц - имеет локальный минимум и достигает максимального значения при 75 Гц.

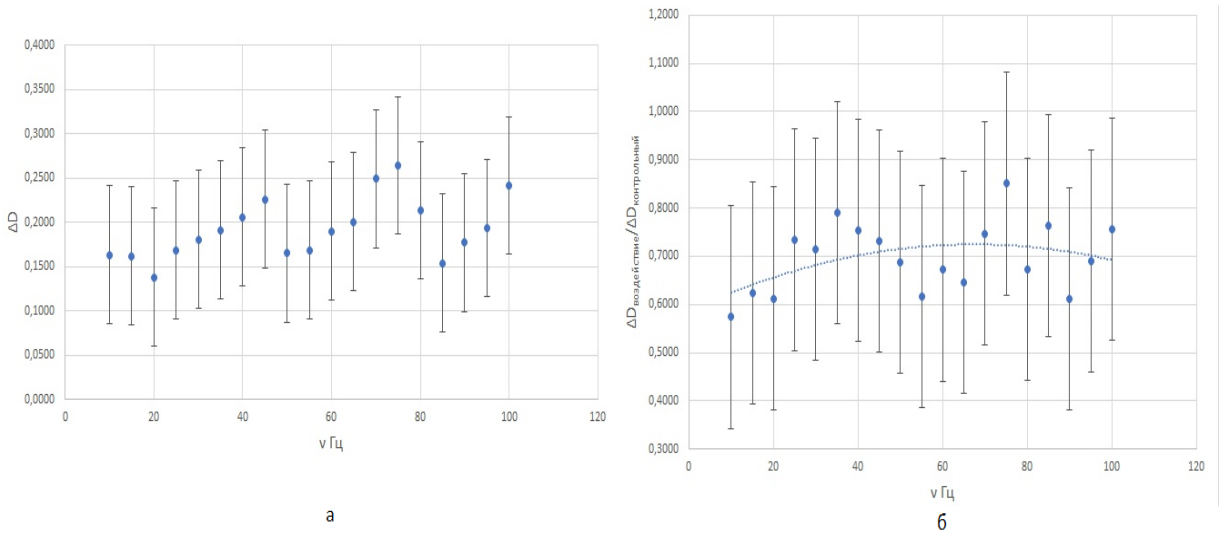


Рис. 1. а) Изменение оптической плотности в зависимости от частот воздействия. б) Отношение изменения оптической плотности образца, подвергнутого низкочастотному воздействию, к контрольному образцу в зависимости от частоты

Представленные результаты показывают, что эффект ингибирования окислительно-восстановительной реакции метиленового синего с тиосульфатом натрия в поле низкочастотных воздействий зависит от частоты и имеет максимум в инфразвуковом и начале звукового диапазонах. Также можно сделать вывод, что в зависимости от частоты меняется скорость процесса насыщения реакционной среды кислородом, чем и обусловлен эффект ингибирования модельной системы в поле низкочастотных колебаний который отличен на разных частотах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-33-90152

Funding: The reported study was funded by RFBR, project number 20-33-90152

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. – Т. 487. - № 3. – С. 45–48
2. Болдырев В.С. Действие низкочастотных колебаний на биохимически активные структуры: дис. … канд. тех. наук. М., 2013. 118 с.
3. Фадеев Г.Н., Болдырев В.С., Ермолаева В.И. Биологически активные клатраты амилоиодин и амилопектоиодин в поле низкочастотных акустических воздействий // Доклады академии наук. – 2012. – Т. 446. – № 4. – С. 446-470.
4. 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
5. Богатов Н.А. Кинетика диспропорционирования иода в поле низкочастотных воздействий в системах I2-H2O и KI-I2-H2O // Физическое образование в вузах. - 2016. - Т.22. - №1С. - С.38-39

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ТЕРАПИИ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Борисова М.В. [1], Газизуллина Е.Р. [1], Герасимова Е.Л. [1], Иванова А.В. [1], Никифоров Е.А. [1], Мосеев Т.Д. [1], Вараксин М.В. [1,2], Чупахин О.Н. [1,2]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт органического синтеза УрО РАН имени И. Я. Постовского, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: mborisova97@icloud.com

INVESTIGATION OF ANTIOXIDANT PROPERTIES OF POTENTIAL DRUGS FOR THERAPY OF NEURODEGENERATIVE DISEASES

Borisova M.V. [1], Gazizullina E.R. [1], Gerasimova E.L. [1], Ivanova A.V. [1], Nikiforov E.A. [1], Moseev T.D. [1], Varaksin M.V. [1,2], Chupakhin O.N. [1,2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Organic Synthesis, Yekaterinburg, Russia

A screening of antioxidant properties of imidazole-based derivatives modified by polyphenols being of interest as potential dual-action drug candidates was carried out. The determination of antioxidant capacity with radical and non-radical oxidizing agents was performed by the potentiometric method.

Болезнь Альцгеймера (БА) - это прогрессирующее нейродегенеративное заболевание, характеризующееся тяжелыми когнитивными нарушениями, которые в конечном итоге приводят к смерти. Большее количество данных указывает на то, что митохондриальная дисфункция играет важную роль в патофизиологических процессах БА. Митохондрии являются основным источником АФК, нарушение их функций приводит к запуску окислительного стресса, и как следствие, к усилению апоптоза. В связи с этим, разработка новых препаратов для лечения нейроденегеративных заболеваний, проявляющих антиоксидантные свойства, должна привести к снижению прогрессирования заболевания.

Известно, что соединения имидазольного ряда проявляют нейропротекторные свойства и могут тормозить патологическое течение ряда нейродегенеративных заболеваний, а природные полифенолы – антиоксидантные свойства за счет наличия ОН-групп в молекуле антиоксидантов (АО). На кафедре органической и биомолекулярной химии УрФУ были синтезированы производные имидазола, модифицированные фрагментами полифенолов (флороглюцин, пирогаллол, оксигидрохинон). Оценены антиоксидантные свойства синтезированных соединений по отношению к окислителям радикальной и нерадикальной природы. Антиоксидантную емкость (АОЕ) определяли потенциометрическим методом с использованием системы $K_3[Fe(CN)_6]/K_4[Fe(CN)_6]$ [1], антирадикальную емкость

(АРЕ) оценивали потенциометрическим методом с использованием радикал-генерирующей системы 2,2′-азобис(2-метилпропионамидин) дигидрохлорида (ААРН) [2].

Синтезированные соединения, представляющие собой различные производные имидазола, модифицированные флороглюцином, проявляют антиоксидантные свойства, значение АОЕ уменьшается по сравнению с АОЕ исходных полифенолов. Значение АРЕ синтезированных аддуктов с полифенолами возрастает по сравнению с исходным полифенолом. Различия в абсолютных значениях АРЕ и АОЕ связано с разными типами механизмов окисления соединений, поскольку в первом случае процесс протекания реакции будет сопровождаться протонно-электронным переносом, а во втором случае – переносом электрона.

Таким образом, синтезированные производные имидазола, модифицированные полифенолами обладают антиоксидантными свойствами, что делает их перспективными в качестве препаратов «двойного действия» для терапии нейродегенеративных заболеваний.

Исследование проводилось при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение № 075-15-2020-777)

1. Ivanova A. V., Gerasimova E. L., Brainina Kh. Z. Crit Rev Anal Chem. - V. 45. - №4. - 2015. - P. 311-322.
2. A.V. Ivanova, E.L. Gerasimova, E.R. Gazizullina Anal. Chim. Acta -V. 1046. - 2019. - P. 69 -76.

ЖИРОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ФОССИЛИЙ ИЗ ПЕРМСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ МЕТОДОМ ГХ-МС

Бородин Н.Д. [1], Данилов Д.А. [1], Хорькова А.Н. [1],
Киселева Д.В. [1], Шиловский О.П. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: borodin.n2000@yandex.ru

FATTY ACID COMPOSITION OF FOSSILS FROM PERMIAN DEPOSITS BY GC/MS

Borodin N.D. [1], Danilov D.A. [1], Khorkova A.N. [1],
Kiseleva D.V. [1], Shilovsky O.P. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The fatty acid composition of the Permian fossil sample was determined by GC/MS. The inclusion of ichnofossils and the host rock were analyzed. The obtained fatty acid composition of the fossils was compared with one of the eggs of modern oviparous animals.

Остатки древних организмов и следов их жизнедеятельности представлены ископаемыми окаменелостями, подвергшимся процессам минерализации. Определение жирокислотного состава ископаемых объектов позволяет пролить свет на вопрос о возможности сохранения органических составляющих в столь длительном периоде времени. Кроме того, сравнение полученного жирокислотного профиля с современными базами данных даёт возможность сделать выводы о схожести ископаемых объектов с современными.

Данная работа посвящена исследованию содержания жирных кислот в образце фоссилии (предположительно, фрагмент окаменевшего яйца парарептилии [1]) и прилежащей пустой породе. Основываясь на результатах предыдущего исследования видно, что жирные кислоты, находящиеся в образце, принадлежат самому образцу, а не внесены извне в процессе пробоотбора и пробоподготовки. Для уточнения гипотезы происхождения включения анализ проводился в нескольких точках, две из которых относились к матрице (вмещающей породе), одна находилась на границе между матрицей и включением фоссилии, ещё две непосредственно во включении.

В исследуемом образце выделили пять точек, находящихся на одной линии, в которых образец был просверлен, диаметр отверстий 1,2 мм (рис. 1б). Экстракцию жирных кислот из полученных навесок (около 6,5 мг) образца проводили смесью хлороформа и метанола (2:1), после чего растворитель отгоняли в потоке азота. Сухой остаток был подвергнут кислому метанолизу под действием ультразвука. После повторной отгонки растворителя сухой остаток растворяли в ацетонитриле, полученные продукты были метилированы при помощи N,N-диметилформамид диметил ацеталь (ДМФ-ДМА).

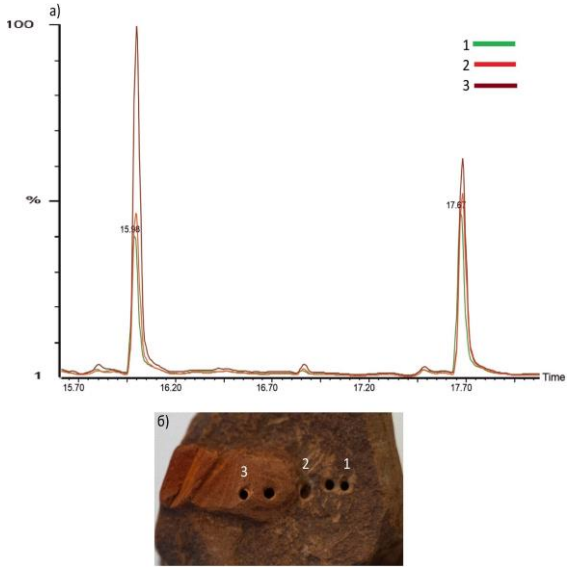


Рис. 1. а) хроматограмма жирокислотного состава породы (матрицы) и включения; б) исследуемый образец с точками пробоотбора (1 – примыкающая порода, 2 – граничная точка, 3 – включение ихнофоссилии)

Анализ метиловых производных жирных кислот проводили методом газовой хроматографии с масс-спектрометрией с использованием Perkin Elmer Clarus 600. Программа газового хроматографа: линейный нагрев с 30 до 300°C со скоростью 12°C/мин и изотермическим периодом 10 мин. Пробу вводили в инжектор, температура 200°C, использованы лайнер с внутренним диаметром 4 мм и капиллярная колонка Elite 5MS. В качестве детектора использовался масс-спектрометр с ионизацией электронным ударом (EI). Напряжение на источнике ионов составляло 70 эВ. Масс-спектры получали в диапазоне m/z 35-400 Да. В результате анализа методом ГХ/МС получены хроматограммы, из которых видно, что в пробах присутствуют насыщенные жирные кислоты с линейной цепью (C14:0 – C20:0). На приведенном фрагменте хроматограммы (рисунок 1а) представлены пики, соответствующие пальмитиновой и стеариновой кислотам.

Содержание ЖК увеличивалось по мере приближения к включению, из чего можно сделать вывод о том, что жирокислотный состав породы и включения представлены ЖК, которые не были занесены извне.

1. Шиловский О.П., Бакаев А.С., Киселева Д.В. Первая находка кладки ископаемых яиц пермских тетрапод Котельничского местонахождения, Кировская область // Металлогения древних и современных океанов. 2020. № 1. С. 232–235.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗНАЧЕНИЯ PH НА ФОРМУ И РАЗМЕР ЧАСТИЦ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО СМЕСЬЮ РЗЭ

Буйначев С.В. [1], Машковцев М.А. [1], Поливода Д.О. [1],
Харисова К.А. [2], Косых А.С. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина
[2)] Институт высокотемпературной электрохимии уральского отделения РАН,
Екатеринбург, Россия
E-mail: iammaggot55@yandex.ru

STUDY OF THE EFFECT OF THE VALUE OF PH ON THE SHAPE AND SIZE OF ZIRCONIUM DIOXIDE PARTICLES STABILIZED WITH A MIXTURE OF REE

Buinachev S.V. [1], Mashkovcev M.A. [1], Polivoda D.O. [1],
Kharisova K.A. [2], Kosykh A.S. [1]
[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin
[2)] Institute of Hight Temperature Electrochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The work is aimed at investigating the pH value of precipitation on the size and shape of zirconium dioxide particles stabilized with a mixture of REE. It is shown that an increase in the pH value leads to a decrease in the average particle size, when the particle shape becomes more rough.

На сегодняшний день для защиты жаропрочных сплавов от воздействия высоких температур широко используются термобарьерные покрытия (ТБП) на основе диоксида циркония [1]. Такие покрытия должны обладать низкой теплопроводностью, стабильностью при повышенных температурах и долговечностью. Самым распространенным материалом для создания ТБП является стабилизированный диоксид циркония оксидом иттрия. Однако, при добавлении дополнительного количества оксидов гадолиния и иттербия происходит увеличение эксплуатационной температуры ТБП, а также снижение теплопроводности. Так как одним из способов создания ТБП является метод газотермического напыления, исходный порошок должен обладать правильной формой, близкой к сфероидальной, и узким распределением частиц по размерам для обеспечения равномерного распределения порошка в струю пламени. Целью работы является исследование влияния значения pH процесса осаждения на размер и форму частиц диоксида циркония, стабилизированного смесью РЗЭ.

Для получения диоксида циркония использовали метод контролируемого двухструйного осаждения при постоянном значении pH, в ходе которого соль нитрата циркония с добавлением нитратов солей нитратов иттрия, гадолиния и иттербия подвергали гидролизу. Гидролиз проводили в 3-х литровом реакторе, в

котором осуществляли постоянное перемешивание и контролирование значение pH процесса осаждения на заданном уровне путем регулируемого дозирования раствора-осадителя. Осаждение проводили при значениях pH=5 и 6 (далее образцы pH5 и pH6 соответственно), после осаждения pH суспензии плавно поднимали до 9 для полного осаждения гидроксосоединений РЗЭ. Затем суспензию фильтровали на вакуумном нутч-фильтре, сушили при 100 °С в течение 12 часов и обжигали в муфельной печи при 1000 °С в течение 2 часов. Свойства полученных порошков исследовали методами лазерной дифракции и оптической микроскопии.

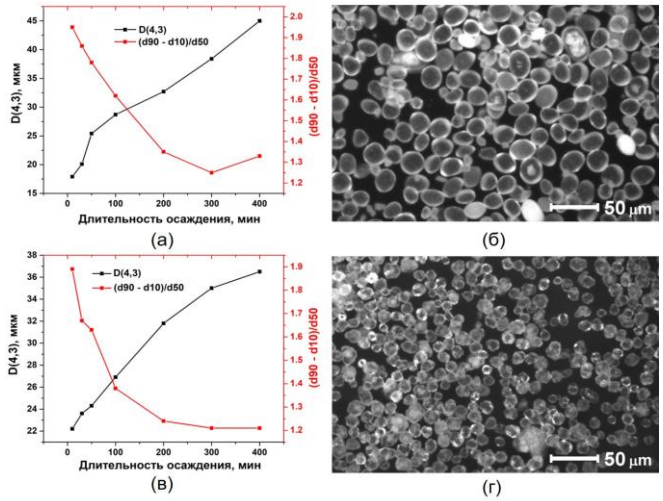


Рис. 1. Изменения среднего диаметра частиц и дисперсии размеров для образцов pH5 (а) и pH6 (в) соответственно; оптические изображения частиц после обжига для образцов pH5 (б) и pH6 (г) соответственно

Как видно из рисунка 1 (а, в) в ходе гидролиза происходит постоянное увеличение среднего размера частиц, так для образца, полученного при pH=5 размер частиц изменяется с 17 до 45 микрометров за 400 минут гидролиза, а для образца, полученного при pH=6 с 22 до 36 микрометров. Дисперсия размеров для обоих образцов постоянно снижается и к концу гидролиза находится на уровне 1,3 для образца, полученного при pH=5 и на уровне 1,2 для образца, полученного при pH=6. В ходе гидролиза для обоих образцов характерно формирование частиц с формой близкой к сфероидальной. Для образца pH5 характерна более сглаженная форма частиц, тогда как для образца pH6 форма частиц имеет более высокую степень шероховатости. Из рисунка 1 (б, г) видно, что после обжига форма частиц сохраняется, частицы образца pH5 сохранили гладкую поверхность. Средний размер частиц для образца pH5 составляет 32,4 мкм, а для образца pH6 22,4 мкм. По результатам рентгеноструктурного анализа образцы являются твердыми растворами замещения с кубической структурой, где стабилизирующие компоненты гомогенно распределены в диоксиде циркония.

1. Q. Liu, Sh. Huang, A. He., Journal of Materials Science and Tecnology, vol. 35, 2814–2823, (2019)

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ОКСИДНЫХ ФОРМ 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

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR DETERMINING THE VARIOUS OXIDE FORMS OF SNF

Burdina A.A. [1], Danilov D.A. [1], Shishkin V.Yu. [2]
[1)] Ural Federal University
[2)] Institute of High Temperature Electrochemistry

The analysis conditions were selected to separate oxygen from a mixture of uranium and neodymium oxides. The method of hot carrier gas extraction was used in the fractional gas analysis mode.

Основное достоинство замкнутого ядерного топливного цикла заключается в возможности переработки ОЯТ с извлечением урана и плутония, которые в последствие будут возвращены обратно в топливный цикл. В процессе длительной гидрометаллургической переработки ОЯТ образуются жидкие радиоактивные растворы, не подлежащие переработке, поэтому предпочтительнее использовать пирометаллургическую. Так, например, при электрохимическом восстановлении ОЯТ можно создать условия, позволяющие восстанавливать только оксид урана, а ПД сохранять в форме оксидов с дальнейшим их выделением в подходящую солевую фазу [1]. Существует так называемая, бромная методика, которая позволяет разделить металлическую и оксидную фазы урана и некоторых РЗЭ, однако селективность метода для различных ОЯТ систем не всегда достаточна [2]. Таким образом, представляет интерес разработать альтернативный метод - восстановительного плавления в режиме фракционного газового анализа (ФГА) [3]. Особенность метода ФГА заключается в постадийном увеличении температуры в процессе анализа, что позволяет проводить восстановление различных оксидов при разной температуре и таким образом, осуществлять количественный анализ содержания отдельных оксидных фаз.

Для разработки методики были изготовлены модельные смеси, состоящие из порошков оксидов UO_2 и Nd_2O_3 в соотношении 1:1. Nd_2O_3, на данной стадии исследования, выступал в роли одного из ПД. Для приближения условий эксперимента к термодинамически равновесным и улучшения кинетических характеристик процесса восстановления синтезированный образец был перемешан с графитовым порошком в соотношении 1:10. Для обеспечения гомогенности, исходные порошки смешивались в вибрационной мельнице Retsch - 400 в течение 3 часов.

Содержание кислорода в полученных образцах было определено методом восстановительного плавления на газоанализаторе кислорода, азота и водорода МЕТАВАК. Образец помещается в предварительно дегазированный графитовый тигель, где под действием высоких температур образует газ CO, выносится из печи экстракции потоком гелия, конвертируется в CO_2 и регистрируется ИК детектором.

Опытным путем была получена ступенчатая температурная программа, позволяющая раздельно определять кислород в оксидах UO_2 и Nd_2O_3. Каждый пик эволограммы (рис.1) соответствует количеству кислорода в отдельном оксиде. Заштрихованная зона является фоновым сигналом, который возникает из-за увеличения температуры печи экстракции и не связан с содержанием кислорода образца. Пик №1 является аналитическим сигналом кислорода, содержащегося в UO_2, а пик №2 - в Nd_2O_3. Такой порядок восстановления оксидов согласуется с термодинамическими расчетами.

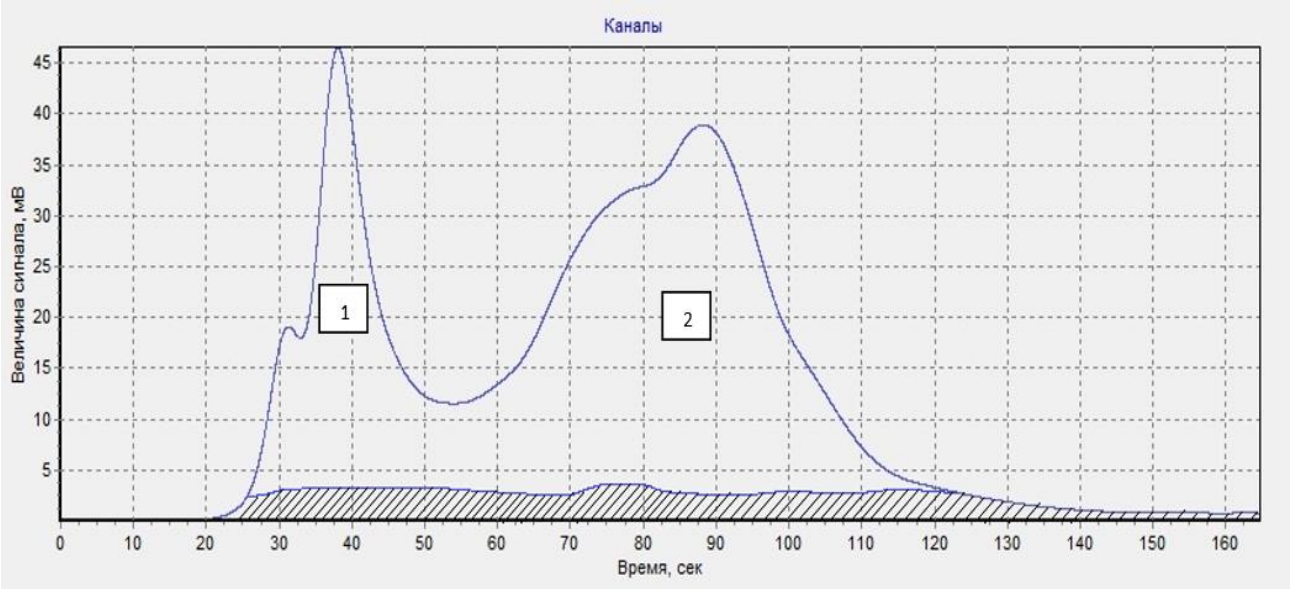


Рис. 1. Эвалограмма образца UO_2-Nd_2O_3-C, полученная с применением ФГА

В дальнейшем планируется усовершенствование температурной программы, для более селективного разделения кислорода исследуемых оксидов, синтез образцов с различным соотношением исходных компонентов, введение в систему других компонентов, имитирующих ОЯТ.

1. Jin-Mok Hur, Sang Mun Jeong, Hansoo Lee. Underpotential deposition of Li in a molten LiCl-Li2O electrolyte for the electrochemical reduction of U from uranium oxides. Electrochemistry Communications. 2010, vol. 12, p. 706 – 709
2. Tae-HongPark, Young-Hwan Cho, Byungman Kang, Jong-Goo Kim, Kyungwon Suh, Jihye Kim, Sang-Eun Bae, Jong-Yun Kim, Jeffrey J. Giglio and Matthew M. Jones. "Constituent analysis of metal and metal oxide in reduced SIMFuel using bromine-ethyl acetate". Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, (June 2018), Vol. 316, pp.1253–1259

3. Григорович К.В. Новые возможности современных методов определения газообразующих примесей в металлах / К.В. Григорович. // Заводская лаборатория ,2007
4. A.A. Burdina, D.A. Danilov, V.Y. Shishkin Reduction of rare earth metals oxides in pyrometallurgical reprocessing of spent nuclear fuel. //Материалы конференции Scopus, Web of science, 2021

СРАВНЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗЛИЧНЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ СТРОНЦИЯ ИЗ ПРИРОДНЫХ ВОД

Черепанова М.А. [1], Семенищев В.С. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н Ельцина
E-mail: maria.963@mail.ru

COMPARISON OF SORPTION CHARACTERISTICS OF VARIOUS SORBENTS FOR PRELIMINARY CONCENTRATION OF STRONTIUM FROM NATURAL WATERS

Cherepanova M.A. [1], Semenishchev V.S. [1]
[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

In this work, a number of experiments were carried out on the preliminary concentration of strontium from natural water, on 5 types of sorbents. Based on the results, the best sorbents were selected, with which the experiments were continued.

При делении ядер ^{235}U в ядерных реакторах и ядерном оружии, в окружающую среду попадает 90Sr, в результате ядерных испытаний, штатных выбросов с АЭС, аварий при переработке облученного ядерного топлива. Поэтому существует необходимость поиска сорбентов для предварительного концентрирования стронция из природных вод, с целью дальнейшей оценки загрязнения окружающей среды по стронцию-90. ^{90}Sr является высокотоксичным радионуклидом за счет большого периода полувыведения и наличия дочернего ^{90}Y, β-излучателя с Emax = 2,27 МэВ). По физико-химическим свойствам он является аналогом кальция и в геохимических процессах его спутником. Стронций существует в подземных водах преимущественно как свободный ион Sr^{2+}, который преобладает в составе водных форм стронция в диапазоне pH 3–10. Между pH 3 и 8,5 ионная форма Sr^{2+} составляет около 98% общего растворенного стронция.

Сорбент	S %	Реализованная емкость по Sr, мкг/г	Реализованный коэффициент распределения Sr, мл/г	% десорбции суммарный	Суммарный выход Sr, %
Т-3К	33,9	31,5	570	49,7	16,8
Dowex Marathon HC	60,0	78,9	2400	15,2	9,1
Т-3	≈ 0	-	-	0	0
Т-3 (300°С)	≈ 0	-	-	0	0
Т-5	4,5	3,4	46	≈ 100	4,5
КУ 2	7,1	6,1	91	≈ 100	7,1

Рис. 1. Сорбционные характеристики исследованых сорбентов

В работе был проведен ряд экспериментов по предварительному концентрированию стронция из природной воды, на 5 видах сорбентов: органические сильнокислотные катиониты КУ-2 и Dowex Marathon HC, а также неорганические ионообменники фирмы Термоксид Т-3, Т-5, Т-3К. Концентрирование проводилось в динамике с помощью перистальтического насоса со скоростью пропускания 1,5 литра в час. В качестве водной пробы брали природную родниковую воду с содержанием стронция 80 мкг/л. Объем пропущенной пробы воды составил 5 литров при объеме сорбента 4,5 мл (1100 к.о.). После каждых 450 мл отбирали пробы по 50 мл, предварительно также отбирали исходную пробу и пробу из раствора после сорбции; концентрации элементов измеряли на масс-спектрометре NexION 350 (Perkin Elmer, США). Десорбцию стронция проводили пропусканием 20 мл 0,1М раствора HCl

Результаты показали, что наилучшие показатели на стадии сорбции были у сорбентов Dowex Marathon HC и Т-3К, при этом для сорбента Т-3К характерна меньшая степень сорбции, но большая селективность на фоне кальция и магния. В качестве наиболее вероятных способов повышения выхода стронция на стадии сорбции можно предложить увеличение количества сорбента в колонке, либо снижение скорости пропускания воды. Так для сорбента Т-3К была поставлена серия экспериментов с различной скоростью пропускания воды. Было показано, что степень сорбции увеличивается со снижением скорости пропускания воды, при этом наилучший результат был достигнут при скорости 0,132 л/ч – степень сорбции стронция составила 90,5 %. Также было показано, что десорбция 0,1М раствором HCl неэффективна, поэтому есть смысл исследовать десорбцию более кислыми растворами. В настоящее время продолжается работа оптимизации параметров сорбции и десорбции Sr.

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

СИНТЕЗ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ИТТРИЕМ И КАЛЬЦИЕМ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ МЕТОДОМ КОНТРОЛИРУЕМОГО ДВУХСТРУЙНОГО ОСАЖДЕНИЯ

Данкова А.К. [1], Машковцев М.А. [1], Буйначев С.В. [1], Прибытов М.Д. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: dankova-ann@mail.ru

SYNTHESIS OF YTTRIUM AND CALCIUM STABILIZED ZIRCONIA BY CONTROLLED DOUBLE-JET PRECIPITATION

Dankova A.K. [1], Mashkovtsev M.A. [1], Buinachev S.V. [1], Pribytov M.D. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The work is aimed at obtaining yttrium and calcium stabilized zirconia with a spheroidal particle shape and a narrow particle size distribution. It was shown that the stabilizing components have a different effect on the morphology and particle size distribution of the obtained oxides.

На сегодняшний день большой интерес к материалам на основе стабилизированного диоксида циркония обусловлен рядом ключевых характеристик, такие как, тугоплавкость и химическая устойчивость, высокая механическую прочность, высокое сродство к костной ткани, термостойкость, низкий коэффициент теплопроводности, антикоррозийная способность и т.д. [1].

Для стабилизации диоксида циркония используют оксиды кальция, магния и РЗЭ [2]. Основная роль таких стабилизаторов — это подавление фазовых превращений во время эксплуатации материалов при высоких температурах. Самыми распространенными стабилизаторами на сегодняшний день являются оксид кальция и оксид иттрия.

Целью исследования является определение возможности получения стабилизированного диоксида циркония со сфероидальной формой частиц и узким распределением частиц по размеру методом контролируемого двухструйного осаждения. Для проведения осаждения готовили растворы прекурсоров, содержащих азотнокислые соли циркония, циркония и иттрия, а также циркония и кальция. Образцы обозначали как Zr, 7YZr и 7CaZr соответственно. Содержание оксидов иттрия и кальция в конечных порошках составляло 7 массовых процента. Процесс осаждения проводили при постоянном значении pH=5. В качестве осадителя использовали 10% раствор аммиака. После осаждения значение pH суспензии 7YZr и 7CaZr поднимали до 8 и 10 для обеспечения полного осаждения ионов Y^{3+} и Ca^{2+}, соответственно. После осаждения суспензии фильтровали на вакуумном нутч-фильтре, сушили при 40 °C в течение 12 часов и затем обжигали при 950 °C. Свойства образцов исследовали при помощи оптического микроскопа и лазерного анализатора частиц.

На рисунке 1 представлены оптические изображения частиц на финальной стадии осаждения и зависимости среднего диаметра и дисперсии частиц от длительности осаждения для образцов Zr, 7YZr, 7CZr.

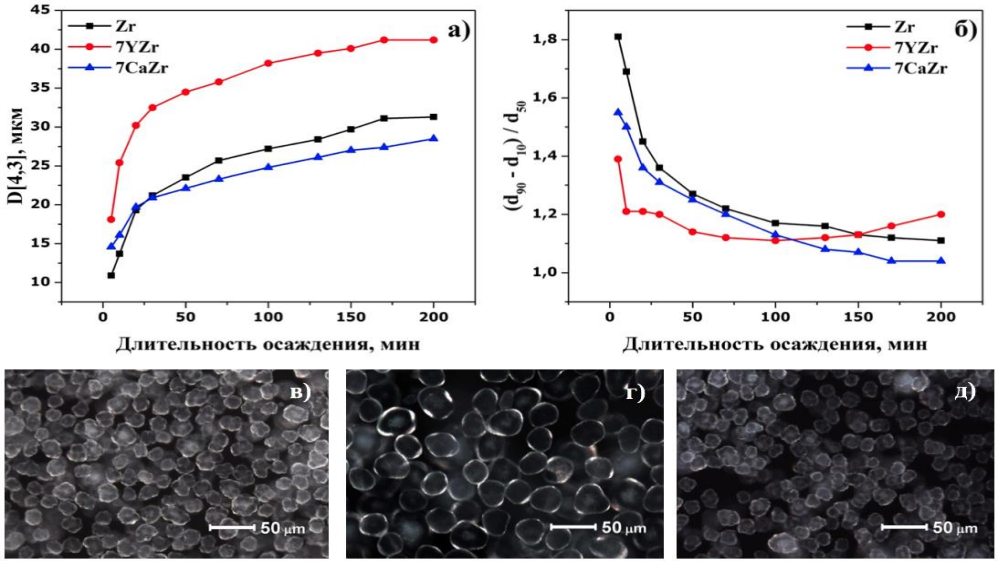


Рис. 1. Изменение свойств образцов во время осаждения. а) Средний диаметр частиц; б) дисперсия частиц по размерам; в) г) и д) оптические изображения частиц образцов Zr; 7YZr; 7CaZr в конце осаждения соответственно

Показано, что для образцов Zr и 7CaZr в ходе осаждения средний диаметр частиц близок и возрастает с 10,9 до 31,3 и с 14,6 до 28,5 мкм, соответственно (рис. 1 а). Размер частиц образца 7YZr на всем протяжении осаждения выше, чем у образцов Zr и 7CaZr и достигает 41,2 мкм к концу осаждения. Дисперсия частиц всех образцов снижается в ходе осаждения и к концу осаждения составляет 1,11 для образца Zr, 1,2 для образца 7YZr и 1,04 для образца 7CaZr (рис. 1 б). Для всех образцов характерна околосферическая форма частиц с четкими границами. Частицы образца 7YZr имеют более сглаженную поверхность (рис. 1 г) по сравнению с частицами образцов Zr и 7CaZr.

После обжига форма частиц у всех образцов сохраняется. Наибольшая насыпная плотность после обжига присуща образцу 7YZr и составляет 2,8 г/см^3, для образцов Zr и 7CaZr равна 2,1 и 2,2 г/см^3, соответственно. Таким образом, при использовании метода контролируемого двухструйного осаждения возможно получать порошки стабилизированного оксидами иттрия и кальция диоксида циркония со сфероидальной формой частиц и узким распределением частиц по размеру.

1. Высокоогнеупорные материалы из диоксида циркония / Д. С. Рутман, Ю. С. Торопов, С.Ю. Плинер и др. М. : Металлургия (1985)
2. Химия и технология редких и рассеянных элементов, Х46 Ч. II. Под ред. К. А. Большакова. Учеб. пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Высш. школа» (1976)

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕОДИМА В ЭВТЕКТИЧЕСКОМ СПЛАВЕ ГАЛЛИЯ И ЦИНКА

Дедюхин А.С. [1], Харина Е.А. [1], Щетинский А.В. [1], Ямщиков Л.Ф. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: a.s.dedyukhin@urfu.ru

THERMODYNAMIC PROPERTIES OF NEODYMIUM IN GALLIUM-ZINC EUTECTIC ALLOY

Dedyukhin A.S. [1], Kharina E.A. [1], Shchetinskiy A.V. [1], Yamschikov L.F. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Thermodynamic properties of neodymium were determined in gallium–zinc eutect alloy. The electromotive force measurements were used to determine thermodynamic activity.

Одним из перспективных способов переработки отработанного ядерного топлива является пирохимическая переработка с использованием системы «расплавленная среда-жидкометаллические сплавы». Для разработки и моделирования пирохимических процессов необходимы сведения о поведении компонентов отработанного ядерного топлива в таких системах.

Данная работа является продолжением систематических исследований термодинамических свойств редкоземельных металлов в жидкометаллических системах на основе галлия и посвящена определению активности неодима в эвтектическом сплаве галлий-цинк, с содержанием цинка 3,64 мас. % методом измерения ЭДС гальванических ячеек:

(–) L + $NdIn_3$ ($NdBi_2$)|$(LiCl–KCl–CsCl)_{эвт}$ + $NdCl_3$|Nd–Ga–Zn (+)

где L + $NdIn_3$ ($NdBi_2$) - насыщенный неодимом двухфазный (жидкость + ИМС) сплав индия или висмута соответственно, а Ga–Sn–Ln – эвтектический расплав галлий–цинк, насыщенный неодимом.

На основании полученных данных была рассчитана активность неодима в эвтектическом сплаве галлия и цинка. Результаты расчетов представлены на рисунке 1.

Результаты, полученные при использовании электродов сравнения Nd-Bi и Nd-In, с содержанием неодима 11,2 и 12,3 мас. % хорошо согласуются между собой. Температурная зависимость активности неодима описывается линейным уравнением

lg a(Nd) = 5.6895-15052/T.

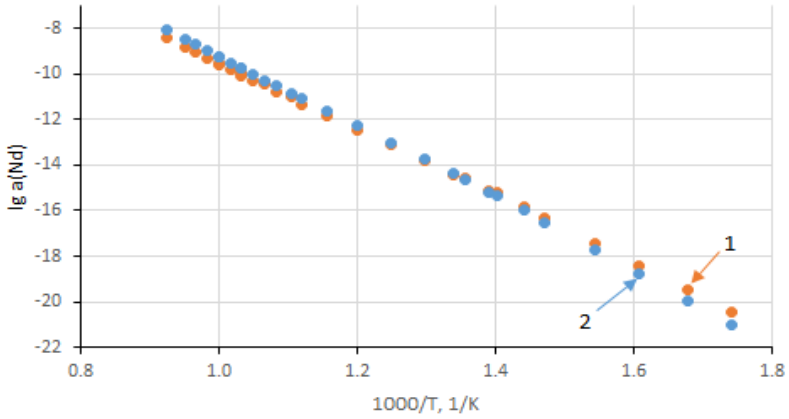


Рис. 1. Активность неодима в эвтектическом сплаве Ga-Zn, определенная методом ЭДС с неодим-висмутовым (1) и неодим-индиевым (2) электродами сравнения.

ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПАЛЛАДИЯ (II) В БЕСФЕРМЕНТНОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ ОКИСЛЕНИИ ГЛЮКОЗЫ

Девятова М.И. [1], Охохонин А.В. [1], Матерн А.И. [1], Козицина А.Н. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: devyatova_mi@mail.ru

ELECTROCATALYTIC PROPERTIES OF PALLADIUM (II) ORGANIC COMPLEXES IN THE NESPHERE ELECTROCHEMICAL OXIDATION OF GLUCOSE

Devyatova M.I. [1], Okhokhonin A.V. [1], Matern A.I. [1], Kozitsina A.N. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The aim of this work was to study the electrocatalytic properties of palladium (II) complexes immobilized on the surface of a working electrode in a neutral medium in relation to the electrochemical oxidation of glucose.

На сегодняшний момент существуют аналитические методы, позволяющие измерять содержание глюкозы в крови человека: спектрофотометрические, ферментативные и хроматографические. Они имеют ряд недостатков: сложная пробоподготовка, нестабильность и строгие условия хранения реагентов. Таким образом, одной из актуальных задач является упрощение и удешевление процедур по определению глюкозы. Перспективными являются электрохимические сенсоры, в частности, на основе электрокатализаторов для определения электроактивных веществ. Электрокатализаторы – это соединения искусственного происхождения, в отличие от ферментов они стабильны, доступны и экономически

выгодны. Такими свойствами обладают комплексы и соли переходных и благородных металлов. Однако, большинство разработанных бесферментных сенсоров на содержание глюкозы в крови работают в кислой или щелочной среде, что ограничивает их широкое использование, так как кровь имеет нейтральный pH=7.4.

Таким образом, цель данной работы состояла в изучении электрокаталитических свойств комплексов палладия (II), иммобилизованных на поверхности рабочего электрода в нейтральной среде в отношении электрохимического окисления глюкозы.

Исследования проводили с использованием потенциостата/гальваностата Metrohm Autolab PGSTAT204 и трехэлектродной электрохимической ячейки. Рабочий электрод модифицировали суспензией углеродных нанотрубок, а затем раствором комплекса палладия (II). Все исследования проводились в карбонатном буфере с pH 7.4. Определения проводили, используя циклическую вольтамперометрию.

В результате проведенных исследований были получены циклические вольтамперограммы на стеклоуглеродном электроде в 0.1 М буферном растворе в отсутствие и в присутствии органических комплексов палладия (II) и глюкозы. На вольтамперограммах наблюдается прирост тока окисления катализатора ΔI при добавлении глюкозы в раствор, при этом зависимость ΔI от концентрации глюкозы имеет линейную зависимость в диапазоне (0-12) мМ. Чувствительность (зависимость прироста тока окисления от концентрации глюкозы в растворе) составила 96,87±2,53 мкА/мМ. Предел обнаружения - 0,029 мМ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (проект № 20-13-00142).

ИЗВЛЕЧЕНИЕ МОЛИБДЕНА ИЗ ОТРАБОТАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Дюрягин В.В. [1], Малышев А.С. [1], Юлдашбаева А.Р. [1],
Кириллов Е.В. [1], Кириллов С.В. [1]
[1)] Уральский Федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Россия
E-mail: valgaz100@gmail.com

EXTRACTION OF MOLYBDENUM FROM SPENT CATALYSTS

Diuriagin V.V. [1], Malyshev A.S. [1], Yuldashbaeva A.R. [1],
Kirillov E.V. [1], Kirillov S.V. [1]
[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Russia

Spent catalysts are one of the important sources of secondary raw materials for rare metals. The composition of catalysts used in the petrochemical industry for hydrotreating, hydrodesulfurization, and hydrocracking of oil usually includes rare (Mo, V, W) and heavy nonferrous metals (Ni, Co) in the

В данной работе рассмотрено извлечение молибдена из модельного раствора, который моделирует предполагаемый состав после выщелачивания. Исследовано влияние соотношение В:О на степень извлечения молибдена. Также исследована реэкстракция молибдена с помощью различных реагентов.

Нефтехимические продукция на сегодняшний день играет одну их основных ролей в нашей повседневной жизни. Она используется практически повсеместно и без неё сложно представить развитие чего-либо, начиная от бытовых вопросов и заканчивая сложными научными и производственными разработками. Но, данная отрасль имеет значительное количество отходов, большинство которых является токсичными для окружающей среды, поэтому их ликвидация и переработка является одной из первостепенных задач.

Одним из таких отходов являются катализаторы, состоящие из РЗЭ, к примеру, такие как АКМ-1(2;3), АНМ и др. Переработка таких катализаторов позволяет не только избавиться от таких отходов, но и реализовать их в качестве вторичного источника РЗЭ. Существующие, на данный момент, методы переработки и извлечения РЗЭ, в основном, используют способ сорбции на различных сорбентах [2].

В данной работе был исследован альтернативный способ извлечения Mo методом жидкостной экстракции с применением ЧАС (Aliquat 336) в качестве экстрагента. Для изучения возможности такого способа были проведены серии опытов, в которых устанавливались зависимости степени извлечения Mo из модельного раствора при изменении параметров эксперимента [1].

Проводилось исследование смесей, где в качестве разбавителя использовался гексан или толуол и, как было установлено, зависимости для обеих смесей очень близки, но у смеси с толуолом наблюдались чуть лучшие результаты. Во всех опытах рафинат анализировали на содержание Mo с использованием масс-спектрометра NexION 350x.

Также были проведены серии опытов по реэкстракции Mo из насыщенной органической фазы. Было установлено, что растворами аммиака Mo практически не реэкстрагируется, а карбонатными растворами реэкстрагируется достаточно хорошо.

По итогам проведенных опытов было показано, что извлечение Mo методом жидкостной экстракции с применением ЧАС и последующая реэкстракция растворами карбонатов аммония (натрия) возможна и достаточно перспективна. Данный метод удобен простотой, как самого процесса, так и аппаратурного оформления. В перспективе необходимо исследовать применимость метода на реальном растворе, полученном после выщелачивания, а также исследовать влияние pH на степень экстракции целевого компонента (Mo).

1. Вольдман Г. М. Теория гидрометаллургических процессов: Учеб. пособие для вузов / Г. М. Вольдман, А. Н. Зеликман, - Москва.:«Интермет Ижинеринг», 2003. - 422 с. – ISBN 5-89594-088-9
2. Колобов Г.А. Новые технологии извлечения молибдена из отработанных катализаторов / Г. А Колобов, А. С. Медведев, Л. П. Колмакова, А. В. Карпенко // Металургія, випуск 2 (32) – 2014. – С.86–93.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННОЙ ПРОГРАММЫ ПРИ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОМ МОЛЕКУЛЯРНО-АБСОРБЦИОННОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЙОДА

Ельцов Д.А. [1], Зайцева П.В. [1,2], Пупышев А.А. [1,2], Солошенко Н.Г. [3]
[1)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
[3)] Институт геологии и геохимии им. акад. А.Н. Заварицкого, Екатеринбург, Россия
E-mail: dimaelcov2013@gmail.com

OPTIMIZATION OF THE TEMPERATURE-TIME PROGRAM FOR ELECTROTHERMAL MOLECULAR ABSORPTION DETERMINATION OF IODINE

Eltsov D.A. [1], Zaitceva P.V. [1,2] , Pupyshev A.A. [1,2], Soloshenko N.G. [3]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metallurgy UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[3)] Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, UB RAS, Yekaterinburg, Russia

Various experimental factors influencing the shape of the pyrolysis curve for the BaI molecule were studied in this paper. Dividing the pyrolysis stage into two stages and increasing the cleaning time made it possible to optimize the pyrolysis curve.

Стадии высушивания и пиролиза пробы являются очень важными этапами температурно-временной программы нагрева проб при их электротермическом атомно-абсорбционном и молекулярно-абсорбционном анализах, так как от них

во многом зависит правильность получаемых результатов и степень устранения помех на последующей стадии атомизации. В работе [1] при определении йода методом молекулярно-абсорбционного поглощения молекулы BaI экспериментально были получены кривые пиролиза, резко отличающиеся от их классической формы. Кривые пиролиза, рассчитанные методом термодинамического моделирования по данным работы [1], не подтверждают экспериментальную кривую 1. Все это может свидетельствовать о неправильности выбора в [1] операционных условий стадий высушивания и пиролиза.

Собственный эксперимент проводили с помощью атомно-абсорбционного спектрометра высокого разрешения ContrAA 700 (Analytik Jena, Jena, Germany) с непрерывным источником света (Xe-лампа). Поглощение компоненты полосы молекулы BaI регистрировали на длине волны 538.304 нм. На платформу графитовой печи поперечного нагрева дозировали 10 мкл раствора нитрата бария (100 мкг Ba) и 20 мкл раствора йода в виде NH_4I или KI (0.5 мкг йода). Измерения сигнала проводили по высоте пика, коррекцию фона осуществляли по точкам сравнения на 67 и 125 пикселях.

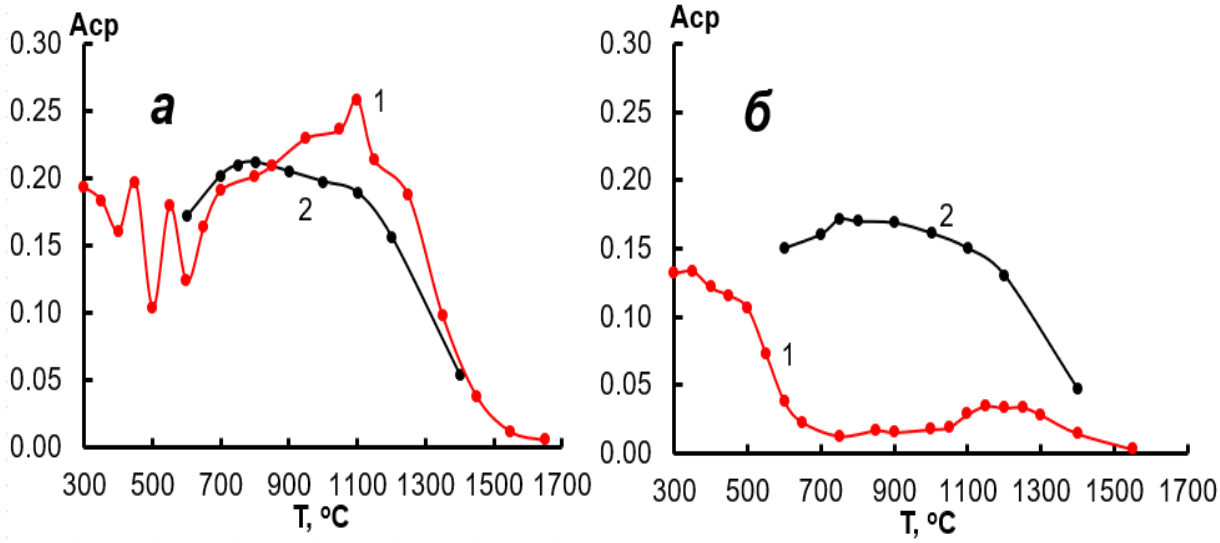


Рис. 1. Кривые пиролиза для молекулы BaI при 0.5 мкг йода как NH_4I (а) или как KI (б), 100 мкг бария как $Ba(NO_3)_2$ для температурно-временной программы до оптимизации (1) и после (2)

Оптимизация стадий высушивания (уменьшение температуры и скорости нагрева на первом этапе) и пиролиза пробы (разбиение на два этапа) (500 °C и 600-1400 °C) позволила получить (рис. 1) кривую стадии пиролиза (крив. 2) по форме, соответствующей её классическому виду, близкие кривые пиролиза в случае введения йода как NH_4I и как KI (что ранее не наблюдалось), хорошее совпадение с результатами термодинамического моделирования. Использование таких оптимизированных операционных условий подготовки пробы позволяет надеяться на получение достоверных результатов определения йода.

В ходе оптимизации обнаружено накопление химического агента бария в графитовой печи («эффект памяти»), что может являться причиной плохой воспроизводимости кривых пиролиза. Увеличение времени стадии очистки позволило уменьшить оставшиеся количество бария в графитовой печи.

3. M. Schneider, B. Welz, M.-D. Huang, H. Becker-Ross, M. Okruss, E. Carasek, Spectrochimica Acta. Part B, 153, 42–49 (2019).

КОАГУЛЯЦИИ МИКРОДИСПЕРСНЫХ КАПЕЛЬ ЗОЛОТА В ОКСИДНОМ РАСПЛАВЕ

Амдур А.М. [1], Федоров С.А. [2]
[1)] Уральский государственный горный университет
[2)] Институт металлургии УрО РАН
E-mail: saf13d@mail.ru

COAGULATION OF MICRODISPERSED GOLD DROPLETS IN AN OXIDE MELT

Amdur A.M. [1], Fedorov S.A. [2]
[1)] Ural State Mining University
[2)] Institute of Metallurgy of UrB RAS

The work considers the coagulation of microdispersed gold droplets in an oxide melt. It was found that the pyrekinetic coagulation of gold droplets does not occur in the oxide melt. Coagulation, which occurs due to the movement of gas bubbles in the melt, is possible even at low gold contents.

Один из методов извлечения микродисперсного золота из техногенных отходов – плавка материала с последующей продувкой расплава [1]. Это ведет к коагуляции капель такого Au. В работе рассмотрено два варианта коагуляции микродисперсных капель золота.

Первый случай (без продувки расплава) – это пирекинетическая коагуляция, которая происходит в спокойных термодинамических условиях без воздействия внешних факторов. Капли золота в таких условиях способны коагулировать в процессе осаждения на дно расплава. Расчет скорости осаждения частиц производился по формуле Стокса [2], данные для расчетов [3] взяты для модельного шлака состава $CaO/SiO_2/Al_2O_3$ = 40/40/20 и содержания золота в нем 0.1 мас.% (радиус частиц 1 мкм). Начиная с радиуса 5 мкм, время осаждения такой капли золота в 1 см оксидного расплава будет длиться больше часа. Микронные же капли будут оставаться практически в «неподвижном» состоянии. предполагается, что капли золота, радиусом менее 1 мкм будут подвергаться «броуновскому движению», и их концентрация уменьшиться вдвое за определенный промежуток времени, согласно теории быстрой коагуляции М. Смолуховского [4]. С учетом

низкой концентрации золота и высокой вязкости расплава время коагуляции будет исчисляться сутками. Низкая скорость движения капель золота подтверждается и экспериментально: в оксидном расплаве обнаружены только единичные капли диаметра более 50 мкм, на которые приходится порядка 1.5-2% всего золота.

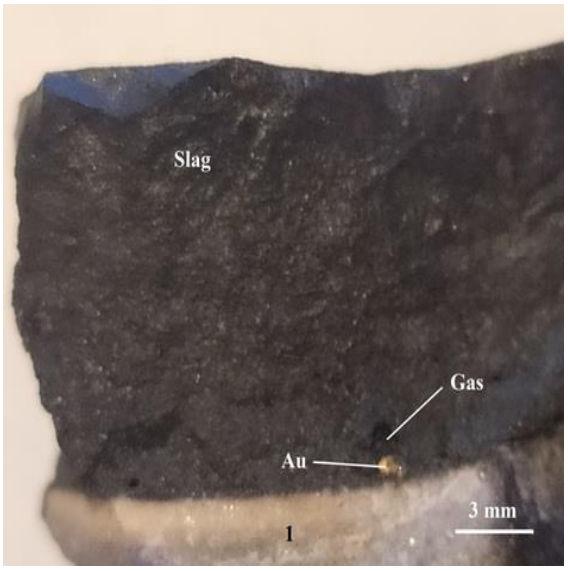


Рис. 1. Миллиметровая капля золота в шлаке (Slag) на дне тигля (1), прикрепленная к газовому пузырьку (Gas).

Второй случай – коагуляция при продувке расплава (ортокинетическая). Такая коагуляция капель золота будет происходить за счет того, что газовый пузырек на своем пути будет собирать, объединять и удерживать крупную каплю за счет сил межфазного натяжения. Последний процесс называется флотацией [1]. В отличие от микронных капель, осаждающихся на дно в течение суток, газовые пузырьки размером даже в 10 мкм способны всплывать через сантиметровый расплав за несколько секунд. Рассмотрим, до какой величины пузырек может укрупнить каплю золота. Пузырек объемом V_g способен поднять капельки золота, объем которых V_{Au} не превышает величины $3/19V_g$. При содержании золота $1 \cdot 10^{-3}$ г/г расплава, радиусе частиц 1.5 мкм при их количестве более 400 млн, радиусе пузырьков 2 мм, толщине расплава 5 см, пузырек на своем пути наверх должен собрать и вынести на поверхность расплава около 2.57 млн. капелек золота. Далее они путем коагуляции объединяются. В результате образуется крупная капля радиусом 331 мкм. Данные расчеты подтверждаются экспериментально: на дне оксидного расплава, полученном при плавлении и продувки золотосодержащей шихты обнаружены крупные металлические капли диаметром более 400 мкм (рис. 1).

Таким образом, в оксидном расплаве возможна только коагуляция, происходящая за счет движения газовых пузырьков в расплаве (ортокинетическая), которые «захватывают» и флотируют капельки золота.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №19-38-90080\19 и №18-29-24081\19.

1. Амдур А.М., Павлов В.В., Федоров С.А. Флотация дисперсных капель золота и штейна в расплавах // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2020. - № 3-1. - С. 411-421
2. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика. М: Гос. изд. физ.-мат. литературы, второе изд., 1959. – 700 с
3. Атлас шлаков. Справочное издание. – Москва: Металлургия, 1985. – 208 с
4. Худсон Д. Статистика для физиков. – М.: Мир, 1970. – 256 с

ПЕРЕРАБОТКА СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ СПВ УРАНА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ХЛОРА

Филатенкова А. П. [1], Титова С.М. [1], Конькова А.В. [1], Наливайко К.А. [1], Скрипченко С.Ю. [1], Евдокимов И.В. [1], Муравлева А.М. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: alyonchik-fil1998@mail.ru

PROCESSING OF SULFURIC-ACID SOLUTIONS OF URANIUM IN SITU LEACHING WITH HIGH CONTENT OF CHLORINE

Filatenkova A.P. [1], Titova S.M. [1], Konkova A.V. [1], Nalivaiko K.A. [1], Skripchenko S.Yu. [1], Evdokimov I. V. [1], Muravleva A.M. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The processing of sulfuric-acid solutions after uranium in situ leaching with high content of chlorine was studied. The precipitation by different methods allows to obtain uranium concentrates with high quality according to ASTM C967-13.

Скважинное подземное выщелачивание (СПВ) является основным способом добычи урана. В условиях увеличивающегося спроса на уран возникает необходимость в расширении сырьевой базы металла, что требует ввод в эксплуатацию дополнительных производственных мощностей, разработки новых месторождений.

Новые урановые месторождения характеризуются повышенным содержанием хлора, концентрация которого в продуктивных растворах (ПР) при их отработке методом сернокислотного СПВ будет равно примерно 0,25 М. Эффективное извлечение урана из сульфатно-хлоридных ПР возможно методом ионного обмена с применением винилпиридинового сильноосновного анионита Axionit VPA-2 [1].

Целью данной работы является оценка возможности получения при переработке сернокислых ПР с повышенным содержанием хлора концентрата урана,

удовлетворяющего требованиям международного стандарта ASTM C967-13. Сорбцию анионитом Axionit VPA-2 вели из растворов СПВ, содержащих, мг/л: U – 17,37; Cl – 10139; Al – 969,70; Ti-1,41; Fe – 908,42; Mo – 0,81; Th – 0,71; H2SO4 - 5000. Фильтрацию ПР вели со скоростью 5 колоночных объемов через 1 объем раствора за 1 час до полного насыщения ионита. Значения полной динамической обменной емкости (ПДОЕ) по элементам составили, кг/м3: U – 23,86; Cl – 20,47; Al – 0,65; Ti – 0,001; Fe – 1,49; Mo – 0,025; Th – 0,002. Насыщение анионита по урану было достигнуто при фильтрации 1842 колоночных объемов ПР. Регенерацию насыщенного анионита Axionit VPA-2 вели смешанными растворами нитрата аммония и серной кислоты. Степень десорбции элементов составила, %: U – 98,53; Cl – 96,15; Al – 5,11; Ti – 91,74; Fe – 7,59; Mo – 98,30; Th – 99,90. Максимальная концентрация урана в десорбате составила 5,51 г/л, концентрация хлора – 4,67 г/л, что соответствует пропусканию через слой ионита 2,7 колоночным объемам элюента.

Основной примесью, способной значительно снизить качество получаемого концентрата урана, является хлор. В данной работе нейтрализацию товраных десорбатов вели с применением различных методов: перокисдное осаждение, нейтрализация углеаннонийной солью (смесь карбоната и бикарбоната аммония), осаждение аммиаком и нейтрализация по комбинированному способу (на первой ступени - аммиаком, а на второй – углеаммонийной солью). Согласно стандарту ASTM C967-13, массовая доля урана в концентрате должна быть не ниже 65%, а содержание суммы галогенов не должно превышать 0,05%. По результатам анализа, в пробах концентратов, полученных при осаждении аммиаком, а также по комбинированному методу, хлор не был обнаружен, массовая доля урана составила 68,99% и 67,76%. Максимальное содержание урана выявлено в концентрате, полученном при осаждении пероксидом водорода – 71,41%, однако, массовая доля хлора составила 0,05%. При нейтрализации десорбатов углеаммонийной солью содержание урана в концентрате – 69,82%, массовая доля хлора при этом ничтожно мала – всего 0,001%. По содержанию урана, хлора, а также остальных примесей, все полученные концентраты уовлетворяют требованиям ASTM C967-13.

1. Titova S., Skripchenko S. et al., Indones. J. Chem.,19, 1, (231 – 238), 2019.

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИИ РАДИЯ-223 ТОНКОСЛОЙНЫМИ СОРБЕНТАМИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА МАРГАНЦА НА РАЗЛИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ НОСИТЕЛЯХ

Филинкова В.К. [1], Семенищев В.С. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: sherlocklocked@yandex.ru

STUDY OF RADIUM-223 SORPTION BY THIN-LAYER SORBENTS BASED ON MANGANESE DIOXIDE ON VARIOUS POLYMER SUPPORTS

Filinkova V.K. [1], Semenishchev V.S. [1]
[1)] Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin

The work is devoted to the study of radium-223 sorption by thin-layer sorbents based on manganese dioxide on various polymer supports. The effect of salt content and solid/liquid ratio was evaluated. Comparison of sorption properties of various polymer supports was performed.

Согласно рекомендациям МКРЗ предполагается одинаковый подход к нормированию техногенных и природных радионуклидов, что выражается в повышенном интересе к контролю радиотоксичных природных радионуклидов, в частности изотопов радия в питьевой воде. На кафедре радиохимии и прикладной экологии УрФУ для анализа альфа-излучающих изотопов радия был синтезирован ряд тонкослойных сорбентов на основе диоксида марганца, нанесенного на различные плоские полимерные носители. В работе было определено влияние типа полимерного носителя на сорбцию радия-223. Было приготовлено 5 растворов, содержащих радий-223, pH = 6 – 7, объем растворов = 10 мл. Образцы сорбентов приводили в контакт с растворами, время сорбции составляло 7 суток. Был проведен аналогичный эксперимент по сорбции радия-223 различными сорбентами из раствора, содержащего 0,5 моль/л NaCl. В таблице 1 приведены значения степени сорбции радия и ШППВ для соответствующих альфа-пиков.

Сорбент	Раствор на основе дистиллированной воды		0,5 моль/л раствора NaCl	
	S, %	ШППВ, кэВ	S, %	ШППВ, кэВ
MnO_2-ТАЦ	80,3	90,4	47,9	78,1
MnO_2-ПП	85,9	52,9	14,1	56,4
MnO_2-ПЭТФ	82,1	46,3	21,1	37,4
MnO_2-ПЭ	84,1	50,7	42,2	52,1
MnO_2-БОПП	89,6	55,1	23,2	48,2

Рис. 1. Параметры сорбции радия-223 тонкослойными сорбентами на основе диоксида марганца из pH = 6 – 7. Время сорбции – 7 суток.

Полученные результаты показали, что в все исследованные тонкослойные сорбенты в слабосолевых растворах обладают примерно сходными сорбционными характеристиками: степень сорбции для всех сорбентов находилась в пределах 80 – 90%. В то же время повышенная концентрация ионов натрия заметно подавляет сорбцию радия. Это можно объяснить ионообменным механизмом сорбции радия, что подтверждает также вид зависимости сорбции от pH. При этом интересно, что по степени сорбции сорбенты располагаются в ряд: MnO_2-ТАЦ > MnO_2-ПЭ > MnO_2-БОПП ≈ MnO_2-ПЭТФ > MnO_2-ПП, что в целом коррелирует с количеством осажденной на данные носители фазы диоксида марганца. Таким образом, можно предположить, что удельное содержание диоксида марганца на поверхности тонкослойных сорбентов несущественно в случае сорбции радия из слабосолевых растворов благодаря слабой конкуренции и достаточной сорбционной емкости для сорбции микроколичеств радионуклида, однако этот параметр становится критическим в случае повышения солесодержания из-за исчерпания сорбционной емкости конкурирующими ионами.

Энергетическое разрешение для сорбентов MnO_2-ПП, MnO_2-БОПП, MnO_2-ПЭ и MnO_2-ПЭТФ было также примерно одинаковым: ШППВ составило от 46 до 55 кэВ, что довольно близко к минимально возможной величине для данного спектрометра (35 – 40 кэВ), тогда как для сорбента MnO_2-ТАЦ величина ШППВ была существенно больше – 90,4 кэВ, что можно объяснить диффузией радия вглубь сорбента.

На основании проведенных экспериментов было сделано заключение, что для изучения диффузии радия лучшим объектом исследования является сорбент MnO_2-ТАЦ, т.к. для остальных сорбентов уширения альфа-пиков при сорбции практически не наблюдалось. С точки зрения разработки методики анализа радия в природных водах наибольший интерес представляет сорбент MnO_2-ПЭ, обеспечивающий, высокую емкость и высокую степень сорбции радия, хорошее энергетическое разрешение получаемого α-спектра.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-03-00931.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОСАЖДЕНИЯ НА КРУПНОСТЬ ЧАСТИЦ ФТОРИДА НЕОДИМА

Гасимова А. Ф. [1], Щетинский А. В. [1], Дедюхин А. С. [1], Машковцев М. А. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: a.f.gasimova@gmail.com

STUDY OF INFLUENCE OF PRECIPITATION PARAMETERS ON PARTICLE SIZE OF NEODYMIUM FLUORIDE

Gasimova A. F. [1], Shchetinskiy A. V. [1], Dedyukhin A. S. [1], Mashkovtsev M. A. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Influence of equilibrium concentration of fluoride ions, stirring velocity, pH value, starting volume and temperature on forming process of neodymium fluoride was studied. Sedimentation size of neodymium fluoride particles was determined by laser diffraction.

В современной технике неодим находит все более широкое применение, это и использование в качестве легирующих добавок при изготовлении специальных конструкционных сплавов, и производство специальных стекол и лазерных материалов, и конечно же одна из самых бурно развивающихся областей его использования – производство высококоэрцитивных постоянных магнитов (ВкПМ). Но кроме металлического неодима нашли применение в технике и его соединения, например, фторид неодима используют при изготовлении высококачественного оптоволокна для волоконной оптики.

В связи с вышеизложенным представляет интерес изучение процессов осаждения фторида неодима и влияние на этот процесс различных параметров с целью определения их оптимальных значений для получения крупнодисперсного, хорошо фильтруемого осадка.

С этой целью при выполнении данной работы было проведено исследование влияния на процесс формирования и крупность осадков фторида неодима следующих факторов: равновесной концентрации ионов фтора, скорости перемешивания растворов, значения pH исходных растворов, стартового объема и температуры.

В качестве основного неодимсодержащего раствора был выбран раствор хлорида неодима. Источником ионов фтора являлся раствор фторида аммония. Осаждение проводили путем одновременного дозирования растворов в общий объем реактора при постоянном значении pF. В процессе осаждения проводили отбор проб для определения размеров частиц методом лазерной дифракции. Анализ проводили на лазерном анализаторе размера частиц ANALYSETTE 22 NanoTec.

ELEMENTAL VARIATION ON BOTTLED DRINKING WATER BY ICP-OES

Hesham M.H. Zakaly[1,1], Hamdy A.M. Awad[3,5],
Mohamed M. Ghoneim[4], Atef El-Taher[1]
[1)] Physics Department, Faculty of Science, Al-Azhar University, Assuit Branch, EGYPT.
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[3)] Geology Department, Faculty of Science, Al-Azhar University, Assuit Branch, EGYPT.
[4)] Nuclear Materials Authority, P.O. Box 530 El Maadi, Cairo, Egypt.
[5)] Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: moh.gho@mail.ru

The concentration of some inorganic metals is a restrictive factor for drinking water quality. A fully quantitative method was applied to check the concentration of nineteen elements on the bottled water samples using ICP-OES in Al Qasim province of Saudi Arabia.

The concentration of some inorganic metals is a restrictive factor for drinking water quality, generally as consequence of their effects on the health. There is a relationship between chronic diseases and geologic environment. Geochemical environment is indeed a significant factor in the serious health problems. In the last 20 years, many people have suffered from these diseases that led to serious studies to find out the relationship between drinking water and chronic diseases. The chemistry of drinking water commonly has been cited as an important factor in many diseases. This fact makes necessary its regulation and monitoring. Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) facility is used for quantification of nineteen elements on commercial bottled drinking water in Al Qassim province of Saudi Arabia. A fully quantitative method was applied to check the concentration of nineteen elements (Be, B, Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sb, Ba,Sn, and Pb) on the bottled water samples. The aim of the work is to check the quality of the samples under investigation.

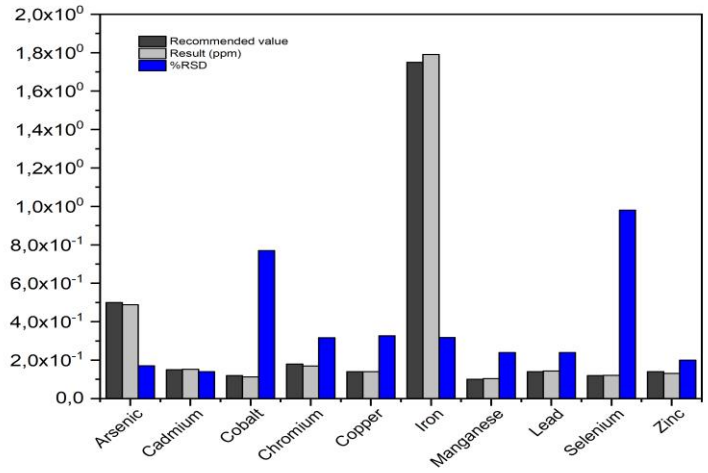


Fig. 1. Reference material spiked water with trace elements

1. A, El-Taher. Measurement of radon concentrations and their annual effective dose exposure in groundwater from Qassim Area, Saudi Arabia. J. of Enviro. Sci. and Tech. 5(6), 475-481(2012) .
2. Ashraf E.M. Khater, Asmaa Al-Jaloud, A. El-Taher Quality level of bottled drinking water consumed in Saudi Arabia. Journal of Environmental science and Technology 2014, 7(2) 90-106.

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСФЕРМЕНТНОЙ ТОПЛИВНОЙ ЯЧЕЙКИ НА ОСНОВЕ ДВОЙНЫХ ПЕРОВСКИТОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА

Шаламова А. М. [1], Глазырина Ю.А. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: kam1995@ya.ru

RESEARCH OF AN ENZYME-FREE FUEL CELL BASED ON DOUBLE PEROVSKITES FOR THE DETECTION OF HYDROGEN PEROXIDE

Shalamova A.M. [1], Glazyrina Yu.A. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The electrochemical characteristics of glassy carbon electrodes modified with perovskites by voltammetric methods and in the power generation mode are studied. A fuel cell was assembled, generating direct current and potential at the electrodes, and its characteristics as a sensor were studied.

Пероксид водорода считается одной из наиболее активных форм кислорода, а также участвует в сложных метаболических процессах. Его диагностика может быть индикатором различных заболеваний. Бесферментные сенсоры обладают более высокой чувствительностью, лучшей избирательностью, воспроизводимостью, более быстрым и широким откликом, простотой конструкции, доступной стоимостью и хорошей стабильностью по сравнению с ферментными сенсорами. Сложные оксиды типа перовскита, и, в частности, двойные упорядоченные по А-подрешетке перовскиты являются перспективным направлением разработок в электрокатализаторов [1]. Также, в настоящее время, интерес исследователей привлекают различные альтернативные источники энергии, которые можно использовать в биосенсорах, в том числе, топливные элементы [2, 3].

Были исследованы электрохимические характеристики стеклоуглеродных электродов, модифицированных двойным кобальтитом $PrBaCo_2O_6$ (PBCO/GCE); неупорядоченным манганитом $Pr_0.5Ba_0.5MnO_3$ (PBMO3/GCE) и упорядоченным манганитом $PrBaMn_2O_6$ (PBMO6/GCE) вольтамперометрическими методами и в режиме генерации мощности.

Методами вольтамперометрии были показано, что для PBCO/GCE характерно окисление пероксида (с коэффициентом чувствительности 870,17 мкА·мМ$^{-1}$·см$^{-2}$); для PBMO3/GCE и окисление (571,39 мкА·мМ$^{-1}$·см$^{-2}$) и восстановление (293,49 мкА·мМ$^{-1}$·см$^{-2}$), а для PBMO6/GCE только восстановление пероксида водорода (521,14 мкА·мМ$^{-1}$·см$^{-2}$). В режиме генерации мощности для рассматриваемых электродов наблюдается такая же тенденция.

Электрохимическая ячейка будет вырабатывать стабильный ток только при прохождении реакций: окисления на аноде и восстановления на катоде. С использованием исследуемых электродов были проведены эксперименты по подбору соответствующей пары для создания электрохимической ячейки, объединяющей в себе стабильный и чувствительный сенсор пероксида водорода и топливную ячейку. Было показано, что, пара электродов PBCO/GCE – PBMO6/GCE, объединенных в одну цепь, генерирует стабильный ток, и потенциалы электродов постоянны и соответствуют ожидаемым реакциям. Для данного топливного элемента линейность (R = 0,9845) наблюдается в диапазоне концентраций 0 – 10 мМ H_2O_2 с пределом обнаружения 2,4 мкМ. Коэффициент чувствительности 569,23 нА·см$^{-2}$, максимальная плотность мощности – 226,29 нВт·см$^{-2}$.

1. X. Xu, Y. Zhong, Z. Shao. Trends in Chemistry, 1, 4, 410-424 (2019)
2. H. Ohnuki, T. Wako, B. Mecheri, H. Wu, D. Tsuya, H. Endo. Jpn. J. Appl. Phys, 58, SBBG16 (2019)
3. M.A. Komkova, E.E. Karyakina, A.A. Karyakin. Electroanalysis, 30(4), 607–610 (2017)

КОРРОЗИЯ ХАСТЕЛЛОЯ G 35 В ХЛОРАЛЮМИНАТЕ НАТРИЯ

Гордеева Ю.Ф. [1], Филатов Е.С. [1], Кудяков В.Я. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: julia100990@inbox.ru

CORROSION OF HASTELLOY G 35 IN SODIUM CHLORALUMINATE

Gordeeva J.F. [1], Filatov E.S. [1], Kudyakov V.Ja[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia, Yekaterinburg, Russia

Molten salts are used as electrolytes for electrolytic production and refining of many metals and alloys, media for thermochemical treatment of materials and their production by the "electrolysis-free" method. Often in industrial conditions, a garnishing protection of structural materials is used ag

Расплавленные соли используются в качестве электролитов для электролитического получения и рафинирования многих металлов и сплавов, сред для термо-

химической обработки материалов и их получения "безэлектролизным" способом [1, 2]. Часто в промышленных условиях используется гарниссажная защита конструкционных материалов от непосредственного воздействия солевых расплавов. Особенно перспективно применение расплавленных солей в качестве теплоносителей в ядерных установках [3-6] из-за большей безопасности при эксплуатации по сравнению с жидкими металлами.

Одним из таких солей является хлоралюминат натрия ($NaAlCl_4$). Найдены коррозионноактивные примеси, вызывающие повышенную коррозию материалов, в исходных реагентах хлоридов натрия, алюминия и синтезированного из них хлоралюмината.

Сплавы (стали) на основе никеля, содержащие хром, молибден, вольфрам, возможно, железо широко используются в качестве материалов для изготовления оборудования в высокотемпературных технологических процессах с применением растворов высоко-гигроскопических галогенидов (хлоридов) в расплавленных галогенидах (хлоридах) щелочных металлов.

Ранее было исследовано коррозионно-электрохимическое поведение ряда сплавов (Хастеллоев) ХН65МВУ, С 2000, С 276, в солевых системах -$KAlCl_4$, которые показали высокое химическое сопротивление по сплошной (фронтальной) коррозии. Однако их поведение с точки зрения межкристаллитной коррозии при температурах выше 500ºС было неудовлетворительное.

Токи коррозии сплава G 35 в солевом расплаве $NaAlCl_4$ значительно ниже, чем более дорогих сталей ХН65МВУ, С 2000, С 276 (Хастеллои) практически при близкой температуре, 380ºС, но в расплаве $KAlCl_4$ [7]. В случае материала G 35 скорость коррозии существенно ниже и составляют величину 0.169 мА/см^2. Сравнить скорость коррозии G 35 в $KAlCl_4$ и расплаве $NaAlCl_4$.

1. Абрамов Г.А., Ветлюков М.М., Гукало Г.И., Кострюков А.А., Ложкин Л.Н. Теоретические основы электрометаллургии алюминия - М.: Металлургиздат, 1953, 206 с.
2. Баймаков Ю.В., Ветюков М.М. Электролиз расплавленных солей М.: Металлургия, 1966, 560 с.
3. Блинкин В.Я., Новиков В.И. Жидкосолевые ядерные реакторы М.: Атомиздат, 1978, 112 с.
4. Фурукава К., Пукада К., Накахара Я. Концепция электроядерной установки на расплавленной соли. Атомная техника за рубежом, 1982, № 7, с. 35-37.
5. Новиков В.М. Концептуальные и технологические проблемы жидко-солевых ядерных реакторов. Атомная техника за рубежом, 1983, №1, с. 3-10.
6. Новиков В.М., Игнатьев В.В. Проблемы использования жидкосолевых теплоносителей в бланкетных зонах термоядерных реакторов. Магнитная гидродинамика, 1980, №4, с. 119-124
7. J. F. Gordeeva, E. S. Filatov Application of differential scanning calorimetry and IR-spectroscopy for determining impurities in potassium chloroaluminate AIP Conference Proceedings 2313, 050012 (2020); https://doi.org/10.1063/5.0032308

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОКСИДНЫХ И ГИБРИДНЫХ ЛЮМИНОФОРОВ НА ОСНОВЕ Gd-Eu

Гордеев Е.В. [1], Машковцев М.А. [1], Поливода Д.О. [1], Косых А.С. [1], Харисова К.А. [1], Гурьянова А.А. [1], Меркучева К.А. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: egorgordeev1998@mail.ru

STUDY OF PROPERTIES OF OXIDE AND HYBRID LUMINOPHERS BASED ON Gd-Eu

Gordeev E.V. [1], Mashkovtsev M.A.[1], Polivoda D.O. [1], Kosykh A.S. [1], Kharisova K.A. [1], Guryanova A.A. [1], Merkucheva K.A. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Oxide and hybrid phosphors based on Gd-Eu with a molar ratio of europium-ions to the sum of REE-ions in powders of 0,01 and 0,1 were synthesized. Oxide phosphors significantly outperform hybrid phosphors in luminosity. The luminosity increases with increasing europium content in the sample.

Люминофоры применяются в различных производственных сферах. Огромное количество этих материалов идёт на изготовления светодиодов различных цветов, экранов, светящихся красок и с каждым годом сфера применения люминофор расширяется. Для удовлетворения постоянно растущей потребности в люминесцентных материалах с различными характеристиками, актуальной задачей является поиск новых материалов с уникальными свойствами. Одним из классов перспективных люминофоров являются гибридные органо-неорганические люминофоры, полученные с помощью интеркаляции органического сенсибилизатора в межслоевое пространство слоистого гидроксида редкоземельного элемента [1]. Целью настоящей работы является исследование оптических свойств классических оксидных и перспективных гибридных люминофоров на основе Gd-Eu систем.

Прекурсорами для создания порошковых люминофоров являлись слоистые гидроксиды Gd-Eu, синтезированные с помощью контролируемого двухструйного осаждения при постоянном значении pH=8 [2]. Для исследования влияния концентрационного тушения были соосаждены образцы с мольным отношением ионов европия к суммарному содержанию ионов редкоземельных элементов (РЗЭ) в слоистом гидроксиде 0,01 и 0,1. Часть полученных осадков подвергали термической обработке в муфельной печи при температуре 1000 °C в течении 2 часов, а другую часть порошка в количестве 2 г интеркалировали в 1 дм3 раствора натриевой соли терефталевой кислоты с концентрацией 0,042 моль/дм3. Интеркаляция проводилась в автоклаве при температуре 90 °C в течение 24 часов. Полученные оксидные и гибридные люминофоры были помещены под ультрафиолетовым (УФ) излучение с длинной волны 235 нм (Рис. 1).

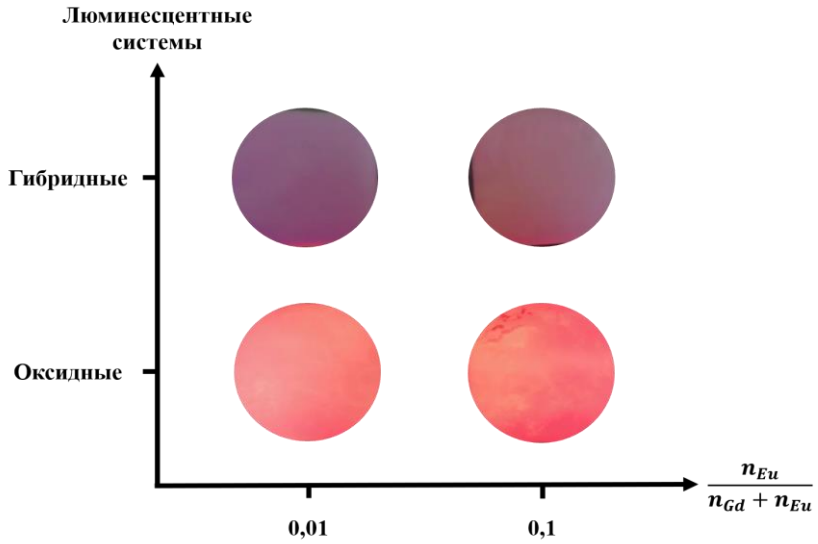


Рис. 1. Свечение порошков под УФ излучением с длинной волны 235 нм

Визуальное наблюдение показало, что светимость оксидов намного превышает светимость органо-неорганических гибридов, но при этом у обоих систем наблюдается увеличение светимости с увеличением содержания европия в люминофоре. Такая разница в люминесценции изучаемых систем может быть объяснена различным временем затухания флуоресценции. Так как концентрационное тушение не было выявлено, то в дальнейшем планируется синтезировать люминофор с еще большим содержанием ионов европия в образце.

Работа частично поддержана проектом FEUZ-2020-0059 Минобрнауки РФ.

1. E. V. Gordeev, M. A. Mashkovtsev, M. A. Berseneva and D. O. Polivoda, AIP Conference Proceedings, Soc. 2280, Iss. 1, 040018 (2020).
2. M. A. Mashkovtsev, A. S. Kosykh, D. K. Aleshin, E. V. Gordeev, Y. A. Kuznetsova, V. N. Rychkov, and A. F. Zatsepin, Ceramics International, Soc. 47, Iss. 2, 2725–2734 (2021).

APPLICATION OF REVERSE OSMOSIS TO IMPROVE REMOVAL OF RESIDUAL SALT CONTENT IN ELECTRODIALYSIS PROCESS

Gubari M.Q. [1,2] Alekseeva N.V. [2]
[1)] Department of Fuel and Energy Engineering technologies, Technical College Kirkuk, Northern Technical University, Mosul, Iraq
[2)] Department of Technological Processes, Devices and Technosphere Safety, Tambov State Technical University, Tambov, Russia
E-mail: mohammedqader1983@gmail.com

Salt is the most important source of industrial wastewater. Electrodialysis (ED) is a common technology for desalination. Pretreatment is necessary to prevent membrane damage. The article presents a critical review of using reverse osmosis (RO) to improve removing of residual salt from ED process.

Industrial wastewater is one of the most important sources of pollution affecting human life. The main discharged components of industrial wastewater are heavy metals, oils, dyes, aromatic hydrocarbons, pesticides, and salts [1]. A large number of inorganic salts with low or high concentration, such as sodium chloride, sodium phosphate, sodium bicarbonate and sodium carbonate are discharged into water bodies every year as a result of various industrial activities. Sodium chloride is usually a higher concentration of wastewater. In addition, due to the different content of organic and inorganic substances in industrial wastewater, a pre-treatment process based on traditional membrane separation is used. Microfiltration membrane (MF) is a traditional method for removing large particles of organic and inorganic compounds from wastewater, and then ED process is an efficient and economical method of desalination, especially at low salt concentrations.

Application of ED in industrial wastewater treatment was limited due to the fact that structure of ion-exchange membranes (IEMs) was initially heterogeneous, which had high surface resistance and poor selective permeability. However, with the development of homogeneous membranes, this problem was solved [2]. ED has a number of advantages, such as no osmotic pressure required, no additional chemical requirements, high product quality, long lifetime, environmental friendliness, and operated at elevated temperatures up to 50 oC. The driving force used in ED is electrical potential, which leads to ion transport (cations pass through the cation exchange membrane and anions pass through the anion exchange membrane) and reduces the concentration of ions such as salts, while the remaining components, such as organic materials and residual salt content are discharged as a dilute stream. Thus, the diluted solution may require additional processing when reused as water for industrial use. In fact, electrodialysis process requires two sources of energy: one is the energy required to transfer ionic components from one solution through the membranes to another solution, and the other is energy required to pump solutions through electrodialysis unit.

Reverse osmosis is approved worldwide for large-scale industrial applications such as desalination of seawater, brackish water, and industrial wastewater. Reverse osmosis

(RO) is pressure driven membrane separation processes can be used to remove salinity and dissolved organic matter, while reducing total organic carbon (TOC), chemical oxygen demand (COD) and biological oxygen demand (BOD). Schematic diagram in (Fig. 1) shows the design of the ED/RO process to improve removal of wastewater from industry and reuse it for further use.

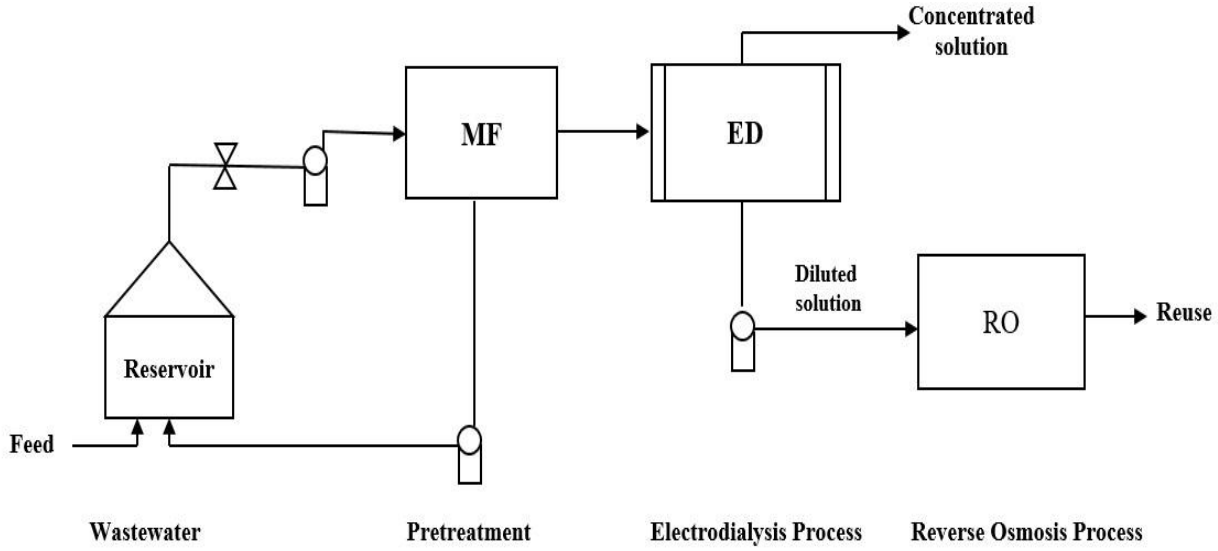


Fig. 1. Schematic diagram of RO/ED processes for industrial wastewater

Overall, combination ED/RO process is expected to significantly increase recovery rate of industrial wastewater after pretreatment with traditional membrane technology.

1. Sajjad, A.-A., Yunus, M. Y. B. M., Azoddein, A. A. M., Hassell, D. G., Dakhil, I. H., Hasan, H. A. Electrodialysis desalination for water and wastewater: A review. Chemical Engineering Journal, 2020, 380, 1–19.
2. Ran, J., Wu, L., He, Y., Yang, Z., Wang, Y., Jiang, C., Ge, L., Bakangura, E., Xu, T. Ion exchange membranes: New developments and applications. Journal of Membrane Science, 2017, 522, 267–291.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕТОДА СИНТЕЗА НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ТВЁРДЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ ЦИРКОНИЯ И ЦЕРИЯ

Гурьянова А.А. [1], Машковцев М.А. [1], Гордеев Е.В. [1], Косых А.С. [1], Поливода Д.О. [1], Харисова К.А. [2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

[2)] Институт высокотемпературной электрохимии уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

E-mail: 79506330744@yandex.ru

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE SYNTHESIS METHOD ON THE SURFACE PROPERTIES OF SOLID SOLUTIONS BASED ON ZIRCONIUM AND CERIUM OXIDES

Guryanova A.A. [1], Mashkovtsev M.A. [1], Gordeev E.V. [1], Kosykh A.S. [1], Polivoda D.O. [1], Kharisova K.A. [2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

[2)] Institute of HigTemperature Electrochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The effect of the pH of the synthesis and subsequent treatment of solid solutions of zirconium and cerium on the specific surface area was investigated.

На сегодняшний день автомобильный транспорт является одним из основных источников загрязнения воздуха [1]. Твердые растворы на основе оксидов циркония и церия наиболее часто используются в качестве OSC–материалов в автомобильном катализе. OSC–материалы применяются в трехмаршрутных катализаторах выхлопных газов автомобильных двигателей для максимальной конверсии выхлопных газов: CO, CH_x, NO_x [2]. Создание материала с высокой термически стабильной удельной поверхностью является актуальной задачей в настоящее время. Цель работы – исследовать влияние pH осаждения и способов обработки твердых растворов циркония на поверхностные свойства их оксидов.

Растворы солей церия и циркония были смешаны в соотношении CeO_2:ZrO_2=4:5 в пересчете на оксиды. Для окисления Ce^{3+} перед осаждением в общий раствор добавляли H_2O_2. Синтез проводили методом контролируемого двухструйного осаждения при pH от 4 до 9. Раствор металлов подавался с постоянной скоростью, водный раствора аммиака подавался дискретно, при снижении pH реакционной смеси меньше заданного. После осаждения суспензию делили на 4 части: 1 часть – оставляли без обработки, 2 часть – промывали осадок дистиллированной водой при pH осаждения, 3 часть – доводили pH суспензии до 9, промывали осадок дистиллированной водой при pH=9, 4 часть – доводили pH суспензии до 9, проводили гидротермальную обработку суспензии при 130 °C,

репульпировали осадок в изопропиловом спирте. Все образцы были высушены при 120 °С 2 часа и обожжены при 500 °С 2 часа.

Количественное осаждение циркония происходит во всем исследованном диапазоне значений pH. Количественное осаждение церия происходит только, начиная со значения pH=7.

Удельную площадь поверхности образцов после обжига исследовали с помощью анализатора сорбции газов Nova 1200e фирмы Quantachrome. Зависимость удельной поверхности от pH и способов обработки представлена на рисунке 1.

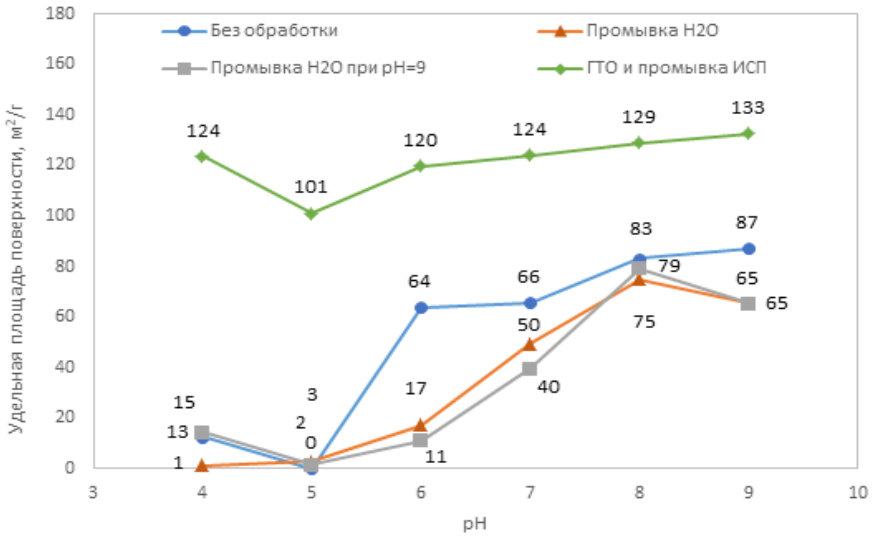


Рис. 1. Влияние pH синтеза и обработки осадков на удельную площадь поверхности

pH реакционной смеси во время осаждения существенно влияет на удельную площадь поверхности. Образцы, осажденные при pH=5, характеризуются самой низкой площадью поверхности, при pH=9 – самой высокой.

Установлено, что промывка дистиллированной водой при pH осаждения и pH=9 приводит к снижению удельной площади поверхности для всех образцов, за исключением образцов осажденных при pH=4 и 5. Гидротермальная обработка и промывка изопропиловым спиртом приводит к существенному росту удельной площади поверхности для всех образцов.

Работа частично поддержана проектом FEUZ-2020-0059 Минобрнауки РФ.

1. Обзор рынка автомобильных катализаторов в России, 2 издание/ ИНФОМАЙН исследовательская группа, - М.: ИНФОМАЙН, 2018.
2. Большаков А.М. Автомобильные каталитические конвенторы. / Химическая технология. 2000. №1. С.2-12

ОЦЕНКА ГЕОХИМИЧЕСКОГО ФОНА И ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ЖИЛЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ГОРОДОВ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ АНТРОПОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Гушшамова А.Н. [1], Селезнёв А.А. [2]
[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 Российской Академии Наук,
г. Екатеринбург, Россия
E-mail: gushshamova@mail.ru

ASSESSMENT OF THE GEOCHEMICAL BACKGROUND AND POLLUTION OF SETTLEMENTS OF CITIES BASED ON THE STUDY OF MODERN ANTHROPOGENIC SEDIMENTS

Gushshamova A.N. [1], Seleznev A.A. [2]
[1)] Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Geology and Geochemistry. Academician A. N. Zavaritsky of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The background concentration of elements were reconstructed for urban surface deposited sediments in 10 Russian cities. There reconstructed concentrations may be used in urban environmental pollution assessment.

Современные рыхлые отложения (иными словами поверхностные грязевые наносы) представляют собой верхнюю часть геологического разреза на урбанизированных территориях. Городская среда претерпевает за весь период своего развития геохимическуют трансформацию в результате антропогенных процессов и загрязнения. Элементный состав современных наносов характеризует состав антропогенно трансформированных грунтов на урбанизированной территории. Сами же современные антропогенные отложения могут использоваться в качестве объекта мониторинга загрязнения городов, наряду с другими компонентами окружающей среды

Целью данной работы является восстановление фоновой концентрации элементов на урбанизированных территориях на основе исследования современных антропогенных отложений.

В работе использован метод для восстановления начальных геохимических условий (геохимического фона) для грунтов на урбанизированной территории [1]. Метод основан на анализе связи между содержанием поллютанта и элемента коренных пород. Такую связь предлагается аппроксимировать линейной моделью, в которой концентрация поллютанта учитывается с весом. Вес обратно пропорционален концентрации поллютанта в степени δ. Индекс δ характеризует степень загрязнения территории. Реконструкция начальных геохимических условий была проведена для геохимических ловушек современных антропогенных отложений

(отложений из локальных понижений микрорельефа урбанизированного ландшафта). Этот компонент окружающей среды депонируют поверхностные миграционные потоки поллютантов и накапливает загрязнение за время существования урбанизированного ландшафта. Отложения начинают накапливаться в момент застройки и формирования ландшафта при планировке.

Реконструкция геохимического фона микроэлементов была проведена для городов: Ростова-на-Дону, Нижнего Новгорода, Тюмени, Челябинска, Уфы, Магнитогорска, Перми. На основе полученных данных были проведены оценки экологического состояния городов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-35-60011).

1. A.A. Seleznev, Geoderma 326, 1-8 (2018)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ОРОШЕНИЯ НА ГИДРОДИНАМИКУ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА В ТЕПЛООБМЕННОЙ ТРУБКЕ ВЫПАРНОГО АППАРАТА

Гушшамова В.Н. [1], Хомяков А.П. [1], Морданов С.В. [1], Хомякова Т.В. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: 89126634949@yandex.ru

INVESTIGATION OF THE EFFECT INTENSITY OF IRRIGATION ON THE HYDRODYNAMICS OF TWO-PHASE FLOW IN HEAT EXCHANGER TUBE EVAPORATOR

Gushshamova V.N. [1], Khomyakov A.P. [1], Mordanov S.V. [1], Khomyakova T.V. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The paper presents the results of a study of the effect of irrigation intensity on the hydrodynamics in the heat exchange tube of the falling-film evaporator. The distributions hydrodynamics parameters along the length of heat-exchange tube are obtained.

Пленочные выпарные аппараты широко распространены в химической, пищевой и атомной промышленности. Такое применение обусловлено высокой интенсивностью теплообмена и высоким коэффициентом теплоотдачи [1, 2]. Изучение процесса течения двухфазного потока в выпарном аппарате пленочного типа является актуальной задачей [3, 4, 5]. Целью данной работы является исследование влияния интенсивности орошения на изменения гидродинамических параметров двухфазного потока по длине теплообменной трубки пленочного выпарного аппарата.

Исследование гидродинамики проводилось с помощью математического численного моделирования для вертикального выпарного аппарата пленочного типа,

оснащенного теплообменной трубой (диаметром ø38х2 мм и длиной L=7 м). Данные были получены по длине теплообменной трубы с шагом ΔL=0,1 м.

Для моделирования использовались следующие технологические параметры работы выпарного аппарата:

1. Температура греющего пара 90 ºС;

2. Давление в растворной камере 47000 Па;

3. Интенсивность орошения теплообменной трубки – $1{,}3\cdot10^{-4}$ м^3/(м·с); $1{,}95\cdot10^{-4}$ м^3/(м·с); $2{,}6\cdot10^{-4}$ м^3/(м·с); $3{,}25\cdot10^{-4}$ м^3/(м·с); $3{,}9\cdot10^{-4}$ м^3/(м·с); $4{,}5\cdot10^{-4}$ м^3/(м·с); $5{,}2\cdot10^{-4}$ м^3/(м·с).

4. Исследования проведены при подаче воды в растворную камеру с температурой 80 ºС;

5. Коэффициент теплопередачи рассчитан для каждого режима работы аппарата и принимался постоянным по всей длине теплообменной трубки. При этом коэффициент теплоотдачи от стенки к воде был рассчитан по рекомендациям [5].

Получены изменения следующих гидродинамических параметров по длине теплообменной трубки для различных значений интенсивности орошения: абсолютного давления, потерь давления, расходов воды и вторичного пара, скорости вторичного пара, скорости вторичного пара относительно пленки, объемного расхода воды и вторичного пара, толщины и скорости пленки, объемной плотности орошения, температуры кипения воды, степени упарки.

1. F.C. Standiford, Chemical Engineering Progress 70 №25, 157 (1974)
2. J.G. Moore, Chemical Engineering Progress 59 №2, 87-92 (1963)
3. J.R. Sinek, E.H. Young, Chemical Engineering Progress 58 № 12, 74-80 (1962)
4. E. Aursanda and T. Ytrehus, International Journal of Multiphase Flow 116, 67-79 (2019)
5. В.И. Левераш, Теплоэнергетика №3, 86-88 (1969)

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УРАНСОДЕРЖАЩИХ ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВОВ С КИСЛОРОДОМ

Идрисова К.Р. [1], Рыжов А.А. [1], Волкович В.А. [1]
[1)] Уральский Федеральный Университет
E-mail: kristina.idrisova.99@mail.ru

REACTION OF URANIUM-CONTAINING CHLORIDE MELTS WITH OXYGEN

Idrisova K.R. [1], Ryzhov A.A. [1], Volkovich V.A. [1]
[1)] Ural Federal University

Reaction of oxygen with melts containing uranium(IV) chloride were studied by high-temperature electronic absorption spectroscopy at 550 °C. The experiments were performed in 3LiCl–2KCl, NaCl–2CsCl, NaCl–KCl–CsCl based melts. Reaction rates, reaction rate constants and order were determined.

Кислород является одной из главных примесей в различных технологических процессах. Так, например, несмотря на использование инертной атмосферы, в ходе пирохимической переработки отработавшего ядерного топлива нельзя полностью исключить присутствие кислорода. Его источником может являться недостаточно очищенный инертный газ, попадание окружающего воздуха в инертные камеры, работающие под разряжением. Соединения f–элементов, в том числе урана, обладают высоким сродством к кислороду, а протекание реакций между ними может привести к изменению ионно-координационного состояния этих элементов в расплавах, поэтому изучение этих процессов является актуальной проблемой.

Ионы f–элементов с частично заполненными электронными оболочками имеют характерные электронные спектры поглощения (ЭСП) в ультрафиолетовой, видимой и ближней инфракрасной областях. С помощью метода высокотемпературной электронной спектроскопии поглощения можно получить информацию о содержании, ионно-координационном состоянии и поведении этих элементов в среде расплавленных солей. В данной работе с помощью данного метода были исследованы процессы взаимодействия сухого кислорода и хлоридных расплавов на основе эвтектических смесей 3LiCl–2KCl, NaCl–2CsCl, NaCl–KCl–CsCl, содержащих ионы урана(IV) с различной концентрацией (0,6–4,2 мас. % урана), при температуре 550 °C.

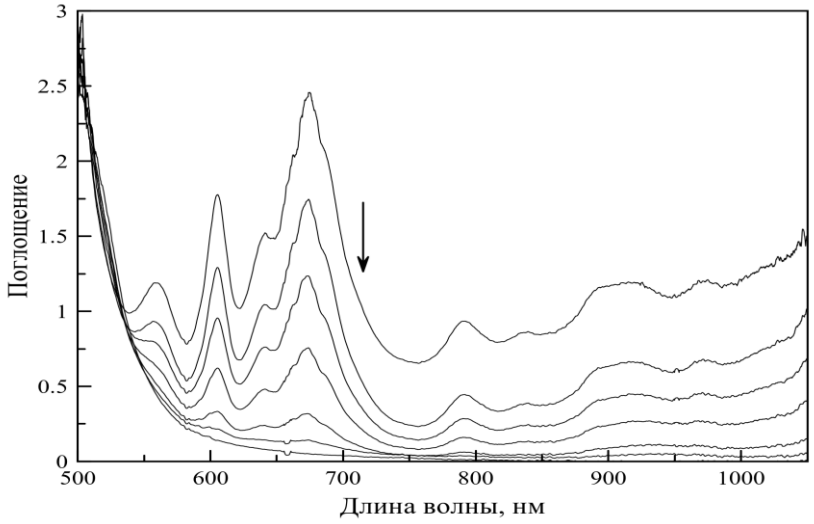


Рис. 1. Изменение ЭСП расплава NaCl–KCl–CsCl–UCl4 в процессе взаимодействия с кислородом. Стрелкой указано направление изменения спектральной картины.

Пропускание кислорода через расплав привело к увеличению степени окисления урана с +4 до +6 и образованию ионов уранила, $UO_2Cl_4^{2-}$. При этом весь уран оставался в расплаве в растворимой форме. Пример изменения спектральной картины в процессе взаимодействия урансодержащего расплава с кислородом представлен на рисунке. По изменению интенсивности полос поглощения во времени определяли скорость реакции взаимодействия ионов урана(IV) и кислорода. В результате анализа кинетических характеристик определили значения константы скорости реакции и порядок реакции. Катины щелочных металлов, присутствующие в расплаве, образуют вторую координационную сферу и оказывают контрполяризующее действие на комплексные группировки урана. Состав соли-растворителя оказывает влияние на скорость процесса. Увеличение радиуса катионов приводит к повышению устойчивости комплексных хлоридных ионов урана и снижению их реакционной способности.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОЛОТА В РУДАХ И ГОРНЫХ ПОРОДАХ ПОСЛЕ ЭКСТРАКЦИИ БРИЛЛИАНТОВЫМ ЗЕЛЕНЫМ МЕТОДОМ ЭТААС

Игошева В.С. [1], Васильева Н.Л. [1], Солошенко Н.Г. [2], Окунева Т.Г. [2]
[1)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: igosheva.v.s@ya.ru

DETERMINATION OF GOLD IN ORES AND ROCKS BY ETAAS AFTER ITS EXTRACTION BY BRILLIANT GREEN

Igosheva V.S. [1], Vasil'ena N.L. [1], Soloshenko N.G. [2], Okuneva T.G. [2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia

The aim of this work is to study the possibility of gold microconcentration in organic phase for its subsequent determination by ETAAS. The calibration curves obtained in this work indicate the possibilities of using proposed method for the extraction and concentration of gold from ores and rocks.

Настоящая работа является основополагающей частью разрабатываемой авторами методики определения золота в рудах и горных породах (валовое содержание золота варьируется 0,1 – 100 ppm). Выбор в пользу данного метода был сделан, поскольку при его использовании возможно проведение измерений из существенно малых объемов (по сравнению с пламенным вариантом метода атомной абсорбции), а также определение аналита непосредственно из органической фазы [1].

Проанализировав литературные источники, мы нашли интересующую нас методику. В работе [2] рассматривалось обнаружение золота в железосодержащих материалах методом ЭТААС после экстракционного извлечения хлороформом ионного ассоциата $AuCl_4^-$. Данный метод достаточно избирательный, поскольку экстрагироваться в органическую фазу (в хлороформ) могут только отрицательно заряженные комплексные ионы, связанные с катионом бриллиантового зеленого. При этом авторами [2] не описывались проблемы построения градуировочных зависимостей, однако это достаточно сложная задача при разработке методик с использованием органических матриц.

Научный интерес авторов настоящей работы заключался в возможности применения данного метода концентрирования золота из руд и горных пород различного состава. Стандартный раствор Fluka (Multielement Atomic Spectrometry Standard Solution V) был использован как мультиэлементная матрица.

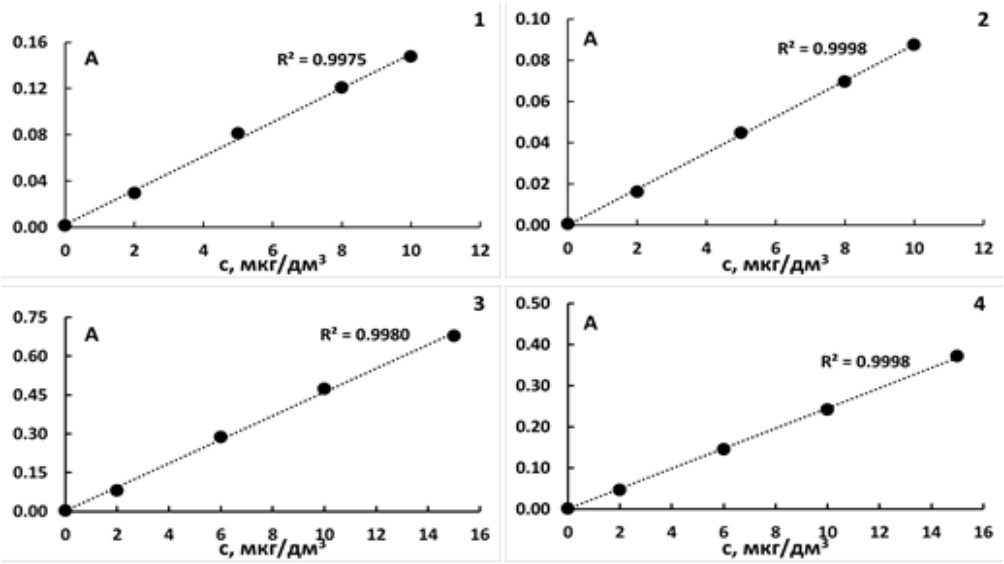


Рис. 1. Градуировочные зависимости для золота по высоте (1,3) и площади пика (2,4), полученные в отсутствии (1,2) и присутствии примесных компонентов (3,4)

Экспериментально были построены градуировочные зависимости для определения золота как в отсутствии, так и в присутствии примесей. В работе использовался атомно-абсорбционный спектрометр ANALYTIK JENA ContrAA700. В графитовую печь механическим автодозатором вносили 10 мкл органической фазы с экстрагированным золотом. Приготовление экстрактов соответствовало работе [2]. Примеси вводили в виде 100 мм^3 стандарта в каждый из растворов до процесса экстракции. Полученные градуировочные зависимости представлены на рисунке 1.

Можно сделать вывод о применимости данного метода микроконцентрирования золота из проб различного состава с его последующим определением методом ЭТААС. Этот метод может быть полезен при работе аналитиков с бедными рудами.

Работа выполнена в ЦКП «Геоаналитик» в рамках темы № АААА-А18-118053090045-8 государственного задания ИГГ УрО РАН.

1. Пупышев А. А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ/ Москва: Техносфера, 2009. -784 с.
2. Алемасова Н. В., Бабенко Н. В., Алемасова А. С. Электротермическое атомно-абсорбционное определение золота после дисперсионного микроэкстракционного концентрирования. Ж. – Заводская лаборатория. Диагностика материалов №7. 2016. Том 82, 21-25 с.

ОСАЖДЕНИЕ ФОСФАТОВ СТРОНЦИЯ И БАРИЯ В РАСПЛАВАХ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ ХЛОРИДОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ ИОНЫ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

Иванов А.Б. [1], Волкович В.А. [1], Хомутинина Д.А. [1]
[1)] ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
E-mail: chuvasch@yandex.ru

STRONTIUM AND BARIUM PHOSPHATES PRECIPITATION FROM ALKALI CHLORIDE BASED MELTS CONTAINING RARE EARTH METAL IONS

Ivanov A.B. [1], Volkovich V.A. [1], Khomutinina D.A. [1]
[1)] Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
«Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin»

Precipitation of strontium and barium phosphates from NaCl–KCl–$LaCl_3$–$BaCl_2$, NaCl–KCl–$LaCl_3$–$SrCl_2$, NaCl–KCl–$GdCl_3$–$BaCl_2$, NaCl–KCl–CsCl–$LaCl_3$–$BaCl_2$ and LiCl–KCl–$LaCl_3$–$BaCl_2$ melts by reaction with Na3PO4 was investigated at 750 ºC and 550 ºC.

В работе исследован процесс осаждения фосфатов бария и стронция из расплавов хлоридов щелочных металлов, содержащих хлориды лантана и гадолиния. В качестве солей-растворителей были выбраны смеси, представляющие интерес в качестве рабочих сред для пирохимической переработки отработавшего ядерного топлива: эквимольная смесь NaCl–KCl (750 ºC), эвтектическая смесь NaCl–KCl–CsCl (550 ºC), эвтектическая смесь LiCl–KCl (550 ºC). Опыты по осаждению проводили в атмосфере аргона без принудительного перемешивания рабочего расплава.

Ранее [1–4] было изучено влияние избытка фосфат ионов на степень осаждения фосфатов бария и лантаноидов, а также на фазовый состав и размер частиц образующихся фосфатов. В данной работе определено влияние хлоридов лантаноидов иттриевой и цериевой группы, присутствующих в расплаве, на осаждение фосфатов бария и стронция.

Рассмотрены отношения PO_4^{3-}:(Ba^{2+}/Sr^{2+}+$РЗЭ^{3+}$) равные следующим значениям 0,5; 1; 2; 4 с целью определения необходимого избытка реагента осадителя для полного перевода ионов Ba^{2+}/Sr^{2+} и $РЗЭ^{3+}$ из расплава в фосфаты.

Гранулометрический анализ полученных фосфатов 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 различного избытка реагента осадителя на распределение частиц по размерам приведён на рисунке 1.

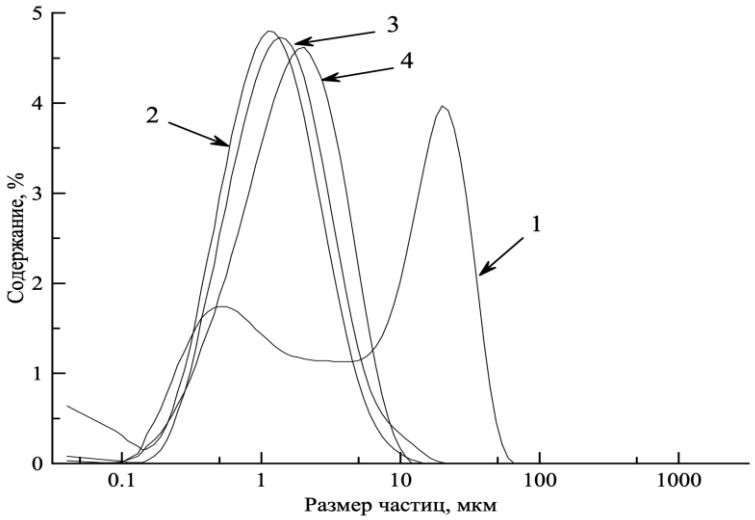


Рис. 1. Распределение частиц смеси фосфатов бария и лантана по размеру в зависимости от исходного мольного отношения фосфат ионов к иона Ba2+ в расплаве на основе LiCl–KCl. Мольное отношение PO4 : Ba2+: 1 – 0,5; 2 – 1; 3 – 2; 4 – 4.

Идентификацию образовавшихся фосфатов РЗЭ проводили методом рентгенофазового анализа на дифрактометре X'Pert PRO ($Cu_{K\alpha}$ излучение с β-фильтром (Ni) на вторичном пучке). Расшифровку дифрактограмм осуществляли с использованием программы полнопрофильного анализа Ритвельда и картотеки PDF-2.

Данная работа выполнена при поддержке совета по грантам Президента Российской Федерации СП-2021.

1. A. B. Ivanov, E. D. Byzova, V. A. Volkovich, A. V. Chukin, and T. R. Griffiths, “Application of Phosphate Precipitation for Removing Strontium and Barium from Alkali Chloride Based Melts”, ECS Transactions, 2020, 98(10), 283-294.
2. A. B. Ivanov, V. V. Sukhikh, V. A. Volkovich, B. D. Vasin, A. V. Chukin, “Formation of rare-earth element phosphates in the melts based on the equimolar mixture of sodium and potassium chlorides”, Russian Metallurgy, 2019, (2), 152-154.
3. V. A. Volkovich, A. B. Ivanov, A. V. Chukin, V. V. Sukhikh, T. R. Griffiths, “Formation of rare earth phosphates in the melts based on NaCl–KCl equimolar mixture”, ECS Transactions, 2018, 86(14), 329-340.
4. V. V. Sukhikh, A. B. Ivanov, V. A. Volkovich, B. D. Vasin, A. V. Chukin and T. R. Griffiths, “Structure of rare earth phosphates formed in the melts based on the equimolar mixture of sodium and potassium chlorides”, AIP Conference Proceedings, 2018, 2015, 020099 (1-6).

СТУПЕНЧАТОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ЦИНКА ИЗ ПЫЛИ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Иванов А.В. [1], Малышев А. С. [1], Юлдашбаева А.Р. [1],
Кириллов Е.В. [1], Кириллов С.В. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: alexanderv.ivanov@mail.ru

STEPWISE LEACHING OF ZINC FROM DUST OF FERROUS METALLURGY PRODUCTION

Ivanov A.V. [1], Malyshev A.S. [1], Yuldashbaeva A.R. [1],
Kirillov E.V. [1], Kirillov S.V. [1]
[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

The work is aimed at studying the possibility of stepwise leaching of zinc from the dust of metallurgical industries. It has been shown that there is no significant reduction in zinc recovery with stepwise leaching.

Ликвидация отвалов пыли сегодня стала одной из самых насущных задач охраны окружающей среды. Ветер разносит пыль по округе, что вызывает заболевания легких и глаз. Смытая дождями и талыми водами пыль загрязняет почву и водоемы, растворимые компоненты проникают в грунтовые воды. Наибольшей сложностью мешающей переработке цинксодержащей пыли является то, что прямой возврат такой пыли в доменное производство приведет к нарушению технологического цикла и быстрому разрушению оборудования, что, в свою очередь, означает необходимость очистки пыли от примесей с получением пригодного железосодержащего продукта.

Существующие методы переработки такой пыли в основном либо нерентабельны, либо малоэффективны [1]. Перспективным является гидрометаллургический метод извлечения цинка с применением различных выщелачивающих агентов [2]. Кроме того, для получения более концентрированных по цинку растворов перспективным является ступенчатое выщелачивание.

Предпочтительным выщелачивающим агентом является соляная кислота, так как при получении хлоридных растворов открывается перспективная возможность экстракции цинка сольватирующими или анионообменными экстрагентами [3].

Для изучения возможности ступенчатого выщелачивания цинка из пыли с последующей селективной экстракцией цинка была проведена серия опытов с использованием соляной кислоты при Т:Ж = 1:5 с концентрацией 100 г/дм^3.

Раствор выщелачивания для всех опытов отфильтровывали. Фильтрат анализировали на содержание элементов с использованием масс-спектрометра NexION 350x.

Таблица 1 – Степень извлечения основных элементов при ступенчатом выщелачивании

1 ступень				
Элемент	Al	Ca	Fe	Zn
Степень извлечения, %	50,01	69,29	19,32	84,92
Концентрация, г/дм^3	0,66	3,59	18,32	5,82
2 ступень				
Элемент	Al	Ca	Fe	Zn
Степень извлечения, %	35,72	62,08	13,80	73,83
Концентрация, г/дм^3	0,94	6,53	26,17	10,59

По итогам проведенных опытов было показано, что при проведении ступенчатого выщелачивания возможно получение более концентрированных по цинку растворов без существенного понижения степени извлечения цинка. Однако, совместно с цинком большая часть примесных элементов, таких как железо, алюминий и кальций также выщелачивается. В дальнейшем будут изучены способы экстракции цинка из получаемых растворов сольватирующими или анионообменными экстрагентами.

1. Попов А. А, К вопросу проблемы утилизации цинксодержащей пыли сталеплавильных производств / А. А. Попов // Интернет-журнал «Науковедение», Т. 7, № 2, (2015)
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, №16, С. 185-191, (2011)
3. Флейтлих И. Ю. Экстракция цинка из хлоридных растворов смесями триалкилфосфиноксида и пара-трет-бутилфенола/ И. Ю. Флейтлих // Журнал «Химия в интересах устойчивого развития», №23, С. 279-284, (2015)

ИЗМЕНЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ХЛОРАЛЮМИНТАНЫХ ПЛАВОВ ПРИ КОНТАКТЕ С АТМОСФЕРОЙ ВОЗДУХА

Ившина А. А. [1], Половов И. Б. [1], Денисова О. В. [1], Чукин А. В. [1], Абрамов А. В. [1], Данилов Д. А. [1], Карпов В.В. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: anna08404312@gmail.com

CHANGE IN THE PHASE COMPOSITION OF CHLOROALUMINATE MELTS IN CONTACT WITH AIR ATMOSPHERE

Ivshina A. A. [1], Polovov I. B. [1], Denisova O. V. [1], Chukin A. V. [1], Abramov A. V. [1], Danilov D. A. [1], Karpov V.V. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The effect of air on hardened chloraluminates was studied by various physicochemical methods. The main reason for the deterioration of the properties of the melt is hydrolysis caused by air humidity. The final product of the interaction of KCl-$AlCl_3$ with air has been found.

Хлоралюминатные расплавы являются низкоплавкими растворителями хлоридов различных элементов. Такая особенность хлоралюминатных расплавов может быть использована для разработки новых и совершенствования действующих технологических процессов разделения близких по свойствам химических элементов. Существенным недостатком хлоралюминатных систем является их высокая гигроскопичность и, как следствие, невозможность проведения работ вне инертной атмосферы. При взаимодействии с воздушной атмосферой данные солевые системы претерпевают фазовые изменения и становятся непригодными для дальнейших технологических операций.

Для оценки химических и фазовых превращений плавов KAlCl4 разработана комплексная методика, включающая в себя анализ плавов следующими методами:

- рентгеновская дифрактометрия;
- волновой рентгенофлуоресцентный анализ;
- восстановительное плавление в токе газа-носителя.

В инертном боксе с контролируемым содержанием влаги и кислорода Glovebox Systems был синтезирован плав, содержащий одну кристаллическую фазу – $KAlCl_4$. Его выдерживали на воздухе и контролировали изменение массы и фазового состава плава при контакте с воздухом. Элементный состав изучаемого плава устанавливали методом рентгенофлуоресцентного анализа. Содержание кислорода в плаве фиксировали способом восстановительного плавления.

Было установлено, что в ходе контакта $KAlCl_4$ с атмосферой воздуха на первом этапе формируется аморфная фаза, предположительно, оксихлорид алюминия AlOCl. Конечным продуктом взаимодействия хлоралюмината калия с воздухом являются две кристаллические фазы – KCl и $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ (рисунок 1).

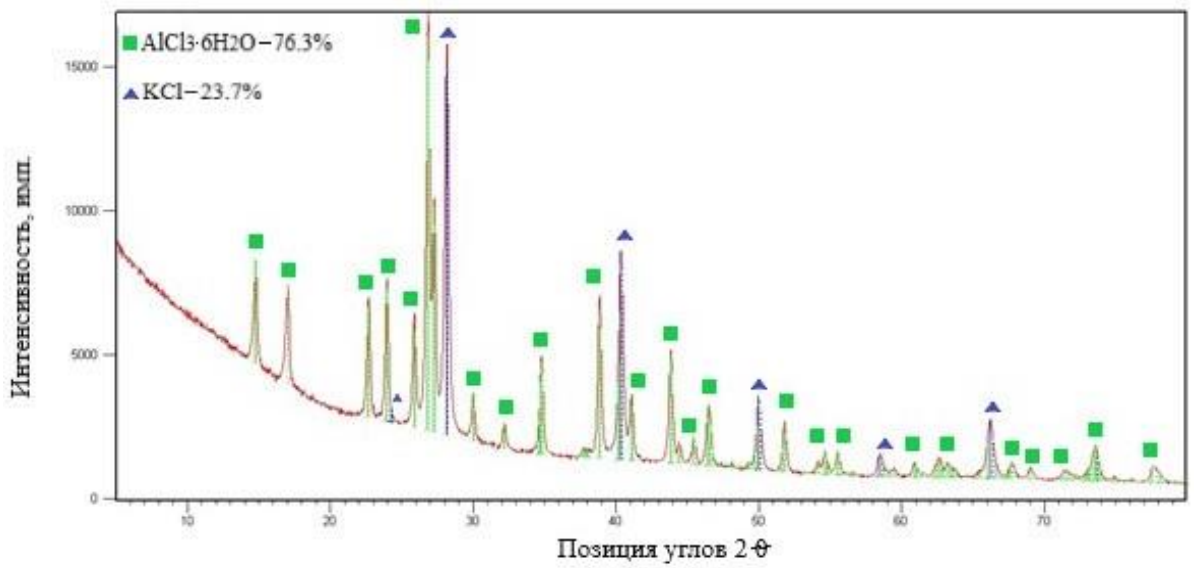


Рис. 1. Дифрактограмма плава $KAlCl_4$ после длительного контакта с атмосферой воздуха

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИОЛЕФИНОВ

Кабанов А. Д. [1], Таранова Л. В. [1]
[1)] Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия
E-mail: l_kabanov@bk.ru

ANALYSIS OF TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF POLYOLEFINS

Kabanov A. D. [1], Taranova L. V. [1]
[1)] Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Technologies for the production of polyolefins are diverse. The paper analyzes various methods for producing polyolefins, taking into account the process parameters, the catalysts used, and the requirements for the final product.

Технологии производства полиолефинов в современном мире очень разнообразны. Выбор того или иного способа производства зависит от нескольких факторов, таких как: требуемая марка полиолефина, технологические параметры процесса (температура, давление и фаза проведения процесса), а также используемый в процессе катализатор [1,2]. Целью работы является анализ технологических решений производства полиолефинов и возможность оптимизации процесса на примере конкретной технологической установки.

В работе кратко представлен анализ имеющихся в настоящее время технологий для производства основных базовых полиолефинов – полипропилена и поли-

этилена с учетом особенностей проведения процессов полимеризации и получаемых марок полимеров. В качестве объекта предметного исследования рассмотрена технология Innovene G, целевым продуктом которой является линейный полиэтилен низкой плотности (ЛПЭНП) (Рисунок 1).

Основными особенностями представленной технологии являются: проведение процесса в газовой при температуре t=85−110°C и давлении в реакционном аппарате P=2−2,5 МПа. Кроме того следует отметить возможность использования сомономеров в процессе, а также применение трёх самых современных видов каталитических систем – металлоценового, хромового и катализатора Циглера-Натта – что позволяет получать широкий марочный ассортимент продукции [3].

В рамках решения поставленных задач. рассмотрена возможность повышения мощности установки, проведён анализ действующего оборудования и выявлены слабые места на производстве, в частности, целесообразность оптимизации работы теплообменного аппарата реакторного блока. В ходе анализа и расчетов оборудования реакционного узла даны рекомендации по оптимизации его работы для обеспечения бесперебойной работы установки и выпуска качественной продукции.

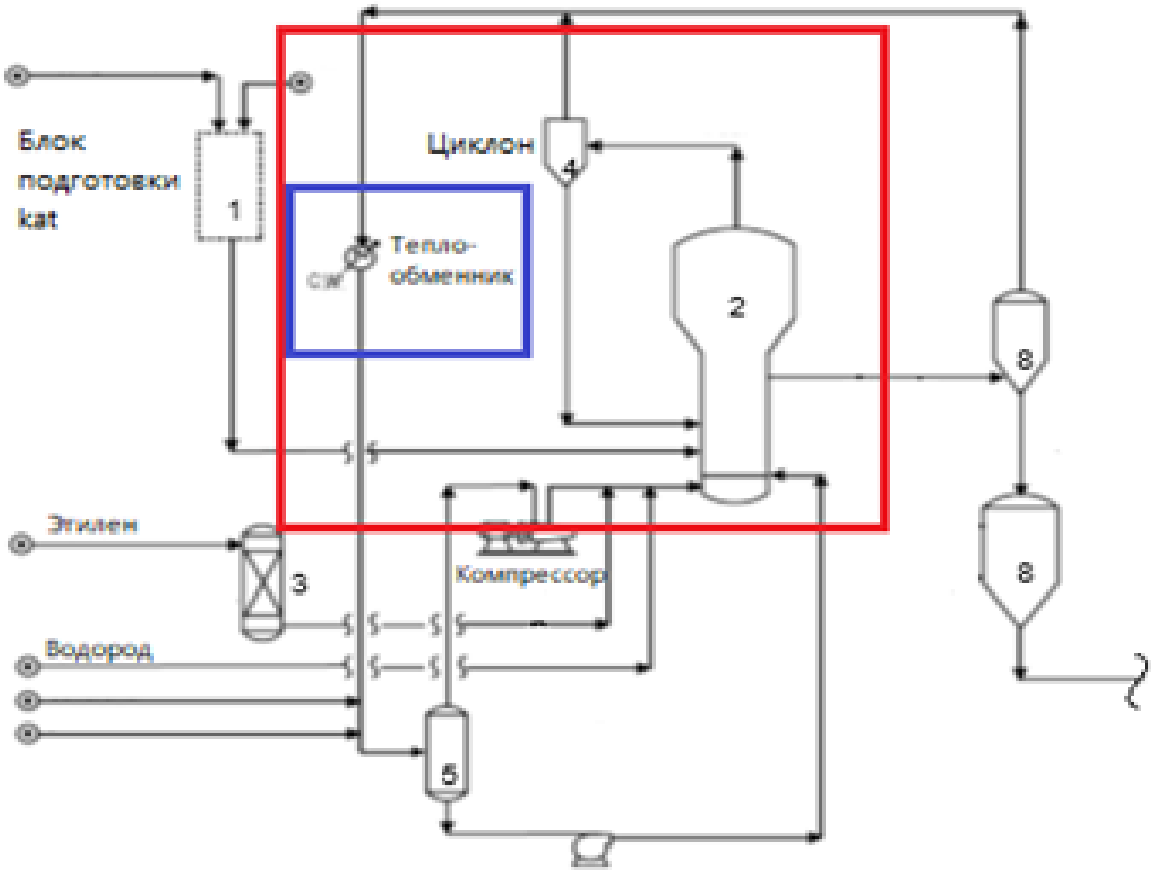


Рис. 1. Общая аналитическая схема технологий производства базовых полиолефинов

Результатом проведённой работы явилось обоснование возможности повышения мощности действующего производства с рассмотренной технологией без перегрузки оборудования и изменения самой технологии.

1. A Makaryan and I.V. Sedov, J. Russian chemical journal, Iss. 3, 39-62 (2018).
2. G. V. Shienok and I. Stolonogov, J. Oil refining and petrochemicals. scientific and technological achievements and best practices, Iss. 9, 25-29 (2016).
3. K.A. Karpov, Technological forecasting of the development of production facilities of the petrochemical complex, Deer (2017).

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В СМЕСИ ФТОРИДОВ ЛИТИЯ И БЕРИЛЛИЯ

Карташова Е.С. [1], Данилов Д.А. [1], Половов И.Б. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: k543lena5@yandex.ru

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETERMINING THE OXYGEN CONTENT IN A MIXTURE OF LITHIUM AND BERYLLIUM FLUORIDES BY CARRIER GAS HOT EXTRACTION

Kartashova E.S. [1], Danilov D.A. [1], Polovov I. B. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The corrosiveness of molten salt of Li and Be fluorides (FLIBE) is controlled by the proportion of oxygen in the salt. A methods has been developed for determining the oxygen content in the FLIBE salt melt by Carrier Gas Hot Extraction.

Замкнутый ядерный топливный цикл (ЗЯТЦ) – цикл, в котором ОЯТ, выгруженное из реактора, перерабатывается для извлечения U и Pu для повторного изготовления топлива. Создание ЗЯТЦ с минимальным количеством радиоактивных отходов и высокой степенью полезного использования исходного топлива – важнейшая задача современности [3, 4]. Её решение обеспечит человечество неисчерпаемым экологичным источником энергии.

Одно из основных направлений в этом вопросе – создание жидкосолевого реактора (ЖСР), в котором гомогенная расплавленная смесь образует активную зону. Непрерывный отбор и отчистка расплава от продуктов деления увеличит глубину переработки топлива. Основой ЖСР может служить смесь LiF и BeF_2 (FLiBe) или LiF, NaF и KF (FLiNaK). FLiBe является менее коррозионно-активным по отношению к конструкционным материалам реактора [2].

FLiBe – охлаждающая жидкость ЖСР и растворитель делящегося материала. FLiBe – химически стабильная система, но он гигроскопичен. В результате взаимодействия с водой образует оксиды и гидроксиды, что снижает стабильность и

инертность соли [1]. Поэтому важно контролировать долю кислорода во FLiBe на стадии приготовления соли и при эксплуатации реактора.

Наиболее перспективный метод определения низких содержаний кислорода в таких системах – метод восстановительного плавления. Он основан на выделении кислорода из пробы и его взаимодействии при высоких температурах с углеродом тигля с образованием монооксида углерода (CO). CO транспортируется инертным газом к ИК-детектору.

Долю кислорода во FLiBe определяли на газоанализаторе Horiba EMGA 620W. Тонко измельчённый порошок соли перемешивался с SiC в течение нескольких часов. Полученные навески помещались в оловянные капсулы и запечатывались. Все работы проводили в инертной атмосфере. Графитовый тигель с крышкой дважды дегазировался при 3000°C в течение 30 секунд. Затем под графитовую крышку помещалась капсула с пробой и анализировалась при 2800°C.

По предварительным исследованиям, классический режим определения кислорода, применяемый для многих металлов и сплавов, не даёт удовлетворительных результатов. Термодинамическим моделированием установлено, что при температурах проведения анализа, помимо CO, высоко содержание летучего оксифторида бериллия $(BeF)_2O$. Вероятно $(BeF)_2O$ покидает зону печи и конденсируется в газовых линиях или фильтрах, связывая часть кислорода пробы в аналитически не активном виде.

Для увеличения контакта газообразных продуктов с графитом тигля была применена графитовая крышка, не позволяющая покидать кислородсодержащим примесям печь не в форме CO. Также в исходную пробу была введена добавка SiC, улучшающая процесс конверсии кислорода в CO.

Т. к. стандартные образцы содержания кислорода во FLiBe не существуют, правильность и прецизионность методики устанавливалась методом варьирования навески и методом добавок с использованием рабочих проб [5]. Установленная относительная точность определения кислорода не превышала 15% при содержании кислорода 0,05-0,2%.

1. Williams D., Toth L., Clarno K. Assessment of Candidate Molten Salt Coolants for the Advanced High-Temperature Reactor (AHTR), ORNL/TM-2006/12, (2006).
2. В. Л. Блинкин, В. М. Новиков Жидкосолевые ядерные реакторы, Атомиздат, (1978).
3. Бекман И. Н. Радиохимия в 2 т. Т. 2. Прикладная радиохимия и радиационная безопасность. Издательство Юрайт, (2020).
4. Ядерные топливные циклы. URL: http://profbeckman.narod.ru/RH0.files/20_2.pdf
5. Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. РМГ 61-2010 (утв. приказом Росстандарта 13.12.2011 N 1064-СТ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ ГИДРОКСИДА НИКЕЛЯ

Харисова К.А. [1,2], Поливода Д.О. [1], Косых А.С. [1], Гордеев Е.В. [1], Гурьянова А.А. [1], Буйначев С.В. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт высокотемпературной электрохимии уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: Ksenia.Kharisova@urfu.me

STUDY OF THE NICKEL HYDROXIDE PRECIPITATION

Kharisova K.A. [1,2], Polivoda D.O. [1], Kosykh A.S. [1], Gordeev E.V. [1], Gurianova A.A. [1], Buinachev S.V. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of High Temperature Electrochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The work is aimed at studying the regularities of the growth of nickel hydroxide particles during the precipitation. It was found that at the inceptive stages of precipitation, growth occurs by collision of primary nuclei and smaller floccules.

Топливные элементы (ТЭ) – устройства, позволяющие получить электрическую и тепловую энергию из топлива без инициирования процесса его сгорания. Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) являются наиболее перспективным источником энергии данного типа, так как при их эксплуатации допустимо использование в качестве топлива водорода и метана, которые не применимы в других видах ТЭ. Эффективность работы ТОТЭ зависит от электронной проводимости и каталитической активности электродов, в частности, анода. Наиболее часто в качестве анодных материалов используется кермет на основе диоксида циркония и оксида никеля, электрохимические характеристики которого преимущественно зависят от гранулометрического состава и поверхностных характеристик исходного порошка оксида никеля [1]. Гидрометаллургический способ позволяет получать порошки оксидов металлов высокой чистоты с контролируемыми свойствами, для чего необходимо знание закономерностей процесса осаждения прекурсоров-гидроксидов.

Гидроксид никеля синтезировали методом контролируемого двухструйного осаждения путем одновременного дозирования в реакционный объем при постоянном значении pH=8 водных растворов нитрата никеля и гидроксида натрия при перешивании. В ходе осаждения отбирали пробы суспензии для анализа их гранулометрического состава при использовании лазерного дифрактометра Analysette 22 NanoTec plus (Fritsch). Измерение проводили в водопроводной воде без использования ультразвука.

Установлено, что на 70 минуте после начала осаждения количество частиц в системе снижается вплоть до момента отбора пробы на 130 минуте (рисунок 1), при этом модальный диаметр преобладающей популяции частиц смещается в сторону больших значений. Повторный рост количества частиц происходит в промежуток времени от 100 до 170 минуты, после чего вновь наблюдается снижение численности популяции на 200 минуте процесса.

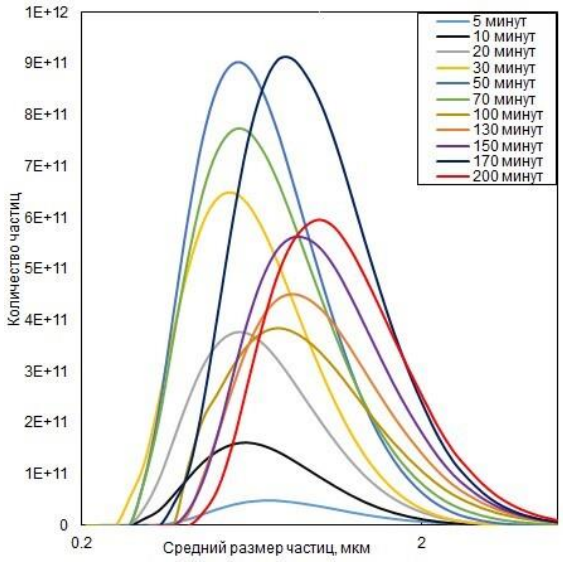


Рис. 1. Распределение частиц по размерам в ходе осаждения

Первые 50 минут осаждения характеризуются преобладанием диффузионного механизма вследствие образования первичных частиц в системе в большом количестве. По достижению критического количества первичных частиц [2] дальнейший рост среднего размера происходит также путем сталкивания постоянно образующихся в системе мелких первичных частиц и флокул, т.е. реализуется инерционный механизм роста, на что указывает пересечение кривых, соответствующих 50 и 70 минутам в начале, а также 170 и 200 минутам в конце процесса осаждения.

1. Tietz F., Dias F.J., Simwonis D. and D. Stover, Evaluation of commercial nickel oxide powders for components in solid oxide fuel cells, Journal of the European Ceramic Society, 2000. 20(8): p. 1023-1034.
2. Omar H. M. and Rohani S. Crystal Population Balance Formulation and Solution Methods: A Review, Crystal Growth & Design 2017, 17(7), 4028–4041.

ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ СМЕСИ, ИСПОЛЬЗОВАННОЙ В РИТУАЛЬНЫХ ОБРЯДАХ САРГАТСКОЙ КУЛЬТУРЫ

Хорькова А.Н. [1], Данилов Д.А. [1], Киселева Д.В. [2]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург
E-mail: arina.khorkova@gmail.com

THERMAL DESORPTION – GAS CHROMATOGRAPHY ANALYSIS OF HERBAL MIXTURES USED IN RITUAL CEREMONIES BY THE SARGAT CULTURE

Khorkova A.N. [1], Danilov D.A. [1], Kiseleva D.V. [2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Geology and Geochemistry, UB RAS, Ekaterinburg, Russia

This work presents chromatographic studies of the plant mixture from the Isakovka I burial ground. The analysis was carried out by gas chromatography after thermal desorption of the plant sample and its combustion products. The results showed the similarity of the sample to modern aromatic incense.

Археологический образец был обнаружен Средне-иртышской археологической экспедицией Омского государственного университета в 1989 г. под руководством Л.И. Погодина. Сосуд с растительной смесью находился в нетронутом элитном воинском захоронении, расположенном на правобережье р. Иртыш (Горьковский район, Омская область) в 1 км восточнее дер. Исаковка [1]. Погребение датируется не ранее I–II вв. н.э.

Целью данной работы является изучение состава содержимого сосуда способом термической десорбции летучих компонентов и продуктов сгорания методом газовой хроматографии с масс-спектрометрией.

Для определения веществ, способных к термической десорбции, образец был помещен в стеклянную трубку и фиксировался при помощи минеральной ваты. При изучении продуктов сгорания растительную смесь помещали на раскалённый уголь, не допуская процесса горения. Данную процедуру проводили для имитации предположительного способа использования данного археологического артефакта в качестве фимиама.

Десорбцию проводили при помощи термодесорбера Perkin Elmer Turbo Matrix 300 с применением двухстадийной десорбции. Извлекаемые из образца при нагревании соединения переносились потоком гелия в холодную ловушку, заполненную тенаксом. Далее холодная ловушка резко разогревается, и десорбируемые компоненты в виде узкой зоны поступали в газовый хроматограф. Усло-

вия: температура первичной десорбции 100, 200, 300 °С; время первичной десорбции 20 мин, скорость гелия при первичной десорбции 10 мл/мин, температура холодной ловушки -30 °С, температура нагрева ловушки 250 °С.

Для проведения анализа использовали газовый хроматограф Perkin Elmer Clarus 600 с масс-спектрометром, капиллярную колонку Elite 5MS (L:30; ID:250;DF:0,25). Скорость гелия - 1 мл/мин. Ионизация осуществлялась электронным ударом. Программа газового хроматографа состояла из линейного увеличения температуры с 30 до 300 °С со скоростью 4 °С/мин, с дальнейшим изотермическим периодом в течении 10 мин.

Хроматограммы содержали большое количество индивидуальных соединений. С ростом температуры термодесорбции смеси происходит увеличение числа обнаруживаемых компонентов и их удельного содержания. Исходя из сравнения результатов с ранее полученными для жидкостной экстракции (гексан, метанол, ксилол) данного образца [2] можно сделать вывод, что качественные составы близки. Однако, метод термической десорбции предпочтительнее, так как показывает большую степень извлечения аналитов. Это, вероятно, связано с кинетическими затруднениями при использовании жидких экстрагентов.

При анализе хроматограммы, полученной при тлении образца на раскаленных углях, было обнаружено большое количество соединений с ароматической группой. В процесс горения более тяжелые органические соединения подвергаются термическому разложению, при этом образуются новые вещества.

Большое количество веществ в археологическом образце были идентичны продуктам тления современных ароматических благовоний, что позволяет говорить о его использовании в качестве фимиама.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 20-09-00194.

1. Погодин Л.И. Отчет об археологических исследованиях в Нижнеомском и Горьковском районах Омской области в 1989г. // Архив ИА РАН, Р-1, №№13932,13933,13934,13935.
2. Киселева Д.В., Данилов Д.А., Домрачева Д.В., Труфанов А.Я., Хорькова А.Н., Шарапова С.В. Хроматографическое изучение растительной смеси из элитного погребения саргатской культуры в Среднем Прииртышье // Российские нанотехнологии. 2020, 15(5), С.104-110.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОЛИФЕНОЛЬНОЙ ПРИРОДЫ В ЭКСТРАКТАХ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Хрушкова Е.А. [1], Газизуллина Е.Р. [1], Герасимова Е.Л. [1], Иванова А.В. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: katerina237alekseevna@gmail.com

DETERMINATION OF THE CONTENT OF BIOLOGICALLY-ACTIVE COMPOUNDS OF POLYPHENOL NATURE IN EXTRACTS OF RAW MATERIALS

Khrushkova E.A. [1], Gazizullina E.R. [1], Gerasimova E.L. [1], Ivanova A.V. [1]
[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

The work studied the polyphenols content of herbal and berries extracts. The optimal conditions of the extraction are selected. Comparative studies with the Folin-Ciocalteu assay were carried out. The high correlation indicates the ability to conduct a study using the potentiometric method.

Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что полифенольные соединения играют важную роль в поддержании здоровья, они обладают противогрибковым, противоаллергенным, противовирусным, противоопухолевым, противовоспалительным и антиоксидантным действием [1]. Основными источниками полифенолов являются растения [2].

В данной работе было проведено определение содержания соединений полифенольной природы в растительном сырье. В качестве объектов исследования выбраны травяные сборы «Тайский синий чай», «Гурзуф», «Матча зеленая» и ягоды голубики в свежем и засушенном виде. В качестве метода исследования выбран потенциометрический метод определения антиоксидантной емкости (АОЕ) с использованием системы $K_3[Fe(CN)_6]/K_4[Fe(CN)_6]$ в качестве модели окислителя [3].

Для изучения кинетики экстрагирования 5 г сырья заливали 100 мл кипятка [4], отбор проб проводили через каждые 10 мин до достижения практически полного извлечения активных соединений, что сопровождалось максимумом на кривой зависимости АОЕ от времени экстракции. Оптимальное время экстракции составило 60 мин. Наибольшее АОЕ проявила «Матча зеленая» (АОЕ = (9.21±0.18) мМ-экв), наименьшее «Гурзуф» (АОЕ = (4.99±0.15) мМ-экв). Экстракцию свежих и сухих ягод голубики проводили в средах вода, этанол – вода 2:3 и 3:2. При этом 10 г ягод перемалывали в ступке, заливали 50 мл раствора, аликвоты отбирали каждые 10 мин. Время экстракции составило 30 мин, максимальная экстракция достигнута в смеси этанол – вода 3:2 (АОЕ = (0.67±0.15) мМ-

экв). В качестве метода сравнения использовали известный спектрофотометрический метод определения общего содержания полифенолов с использованием реактива Фолин-Чокальтеу. Коэффициент корреляции составил 0.96.

Таким образом, в работе были выбраны условия для максимального извлечения активных соединений из сырья, определена антиоксидантная емкость полученных экстрактов, проведены сравнительные исследования с известным оптическим методом анализа, высокий коэффициент корреляции говорит о правильности получаемых данных и возможности использования потенциометрического метода для определения содержания полифенолов в растворе.

1. Cheng C.; Li Z.Z.; Zhao X.; Liao C.L.; Quan J.; Bode A.M.; Cao Y.; Luo X.J., Eur. J. Pharmacol, 870 (2020)
2. Silva R.F.M.; Pogacnik L., Antioxidants, 9 (2020)
3. Ivanova A. V., Gerasimova E.L. et al., Crit. rev.in analytical chemistry, 45, 4 (2015)
4. ГОСТ Р 19885-74 Чай. Методы определения содержания танина и кофеина

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПЛАВОВ Li_2MoO_4–K_2MoO_4–MoO_3–UO_2MoO_4

Китик М.С. [1], Волкович В.А. [1]
[1)] Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: sunrise.mila.kotik@gmail.com

ELECTROCHEMICAL STUDY OF Li_2MoO_4–K_2MoO_4–MoO_3–UO_2MoO_4 MELTS

Kitik M.S. [1], Volkovich V.A. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Electrochemical behavior of uranium species in xLi_2MoO_4–yK_2MoO_4–$zMoO_3$ based melts was studied at 550–850 ºC using cyclic voltammetry, chronopotentiometry and cathodic polarization.

Пирохимические процессы в среде расплавленных солей могут быть использованы для наработки свежего и переработки отработавшего ядерного топлива. Одной из возможных рабочих сред являются расплавленные электролиты на основе молибдатов щелочных металлов, при использовании которых отпадает необходимость работы в инертной атмосфере. Целью настоящей работы являлось исследование электрохимического поведения ионов уранила в расплавах на основе смесей молибдатов лития и калия различного состава, содержащих добавки триоксида молибдена. В качестве методов исследования использовали циклическую вольтамперометрию, хронопотенциометрию, катодную поляризацию. Эксперименты проводили при температурах от 550 до 850 ºС. Для работы использовали трёхэлектродные электрохимические ячейки. Рабочими электродами

(РЭ) служили платиновые пластины или стержни, противоэлектродом – спираль из платиновой проволоки. В качестве электрода сравнения использовали платиновую проволоку, погруженную в расплав $0{,}4235Li_2MoO_4–0{,}2765K_2MoO_4–0{,}3MoO_3$, отделённый от рабочего электролита асбестовой диафрагмой.

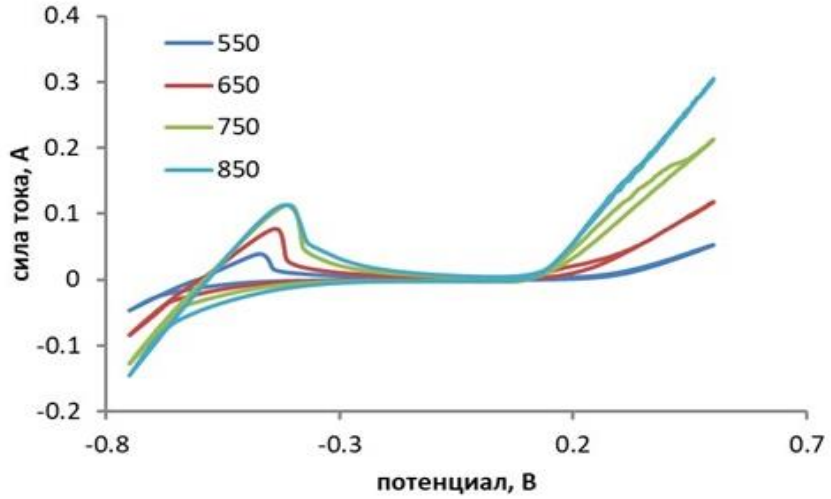


Рис. 1. Циклические вольтамперограммы, зарегистрированные в расплаве $0{,}4235Li_2MoO_4–0{,}2765K_2MoO_4–0{,}3MoO_3$, содержащем 15 мас. % UO_2MoO_4. Температура (ºС) указана на графике, РЭ – Pt, 0,22 см^2, скорость поляризации 0,1 В/с.

При электролизе расплавленных молибдатов щелочных металлов на катоде выделяется диоксид молибдена, а на аноде кислород. Таким образом, границы электрохимического окна растворителя определяются этими двумя процессами. Примеры циклических вольтамперограмм, зарегистрированных в молибдатных расплавах, содержащих растворённый молибдат уранила, представлены на рисунке. При потенциалах выше 0,2 В наблюдается увеличение силы тока, связанное с образованием кислорода. На катодной ветви вольтамперограмм при потенциалах ниже –0,6 В происходит выделение оксидов молибдена и урана (MoO_2, UO_{2+x}, $U_4O_{9–y}$) или их смесей. На ответной анодной части вольтамперограмм присутствуют пики растворения выделившихся оксидов. Повышение температуры привело к смещению катодных потенциалов в положительную область. Анализ образующихся продуктов показал, что при низких температурах продуктом катодного восстановления является преимущественно MoO_2. Повышение температуры приводит к восстановлению ионов уранила до оксидов урана (U_4O_{9-y} и UO_{2+x}).

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ГИДРООЧИСТКИ С ЦЕЛЬЮ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Клевцов Г.П. [1], Таранова Л.В. [1]
[1)] Тюменский Индустриальный университет, г. Тюмень, Россия
E-mail: shina072@yandex.ru

MODERNIZATION OF THE HYDROTREATING PLANT IN ORDER TO SOLVE THE PROBLEMS OF ENERGY SAVING

Klevtsov G.P. [1], Taranova L.V. [1]
[1)] Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

The possibility of optimizing the consumption of energy resources at the hydrotreater is shown. Variants of modernization of the heat exchange scheme are proposed to increase the degree of use of heat with existing streams.

При решении проблем энерго- и ресурсосбережения, интеграция нескольких подходов, применяемых для повышения энергоэффективности предприятия нефтехимического профиля, является перспективным решением. Одним из путей энергосбережения является совершенствование и модернизация теплотехнологической схемы [1].

Целью данной работы является повышение энергоэффективности типового объекта по переработке углеводородного сырья. Первой задачей работы является анализ объекта отрасли с использованием системного подхода, а также выявление потенциала энергоресурсосбережения на основе термодинамического анализа. Второй задачей является внесение предложений по модернизации схемы и оборудования для повышения степени использования вторичных энергоресурсов и их обоснование путем проведения тепловых расчетов процесса и оборудования с выбором оптимального варианта модернизации для максимального использования теплового потенциала потоков установки с сокращением затрат на теплоносители и минимизацией потерь тепла.

Объект исследования – установка подготовки сырья каталитического риформинга (гидроочистка).

Проведя декомпозицию установки гидроочистки на подсистемы (с использованием системного подхода [2]), выбрали одну из них для детального рассмотрения. Основным процессом является стабилизация нестабильного гидрогенизата в колонне К-1 от появившихся в ходе гидроочистки примесей. Для обеспечения требуемого режима работы предусмотрено использование следующих холодных утилит – охлаждающей воды и воздуха.

В ходе термодинамического анализа потоков выявили, что потеря тепла происходит в двух параллельно работающих АВО, выступающих в роли конденсаторов-холодильников дистиллятного продукта колонны К-1, с охлаждением потока с 132°С до 45°С. Потенциал к оптимизации энергозатрат заключается в более

полном использовании вторичных энергоресурсов. В этой связи, предложен вариант модернизации схемы с использованием тепла дистиллятного продукта для предварительного подогрева сырьевого потока колонны К-1; при этом также будет обеспечено снижение рассеивания тепла в атмосферу от АВО.

Модернизация заключается в следующем: весь дистиллятный продукт колонны можно использовать для предварительного нагрева нестабильного гидрогенизата (см. Рис. 1). Далее часть потока пойдет на АВО с формированием орошения колонны, а другая часть выйдет с установки в виде продукта – нестабильной головки.

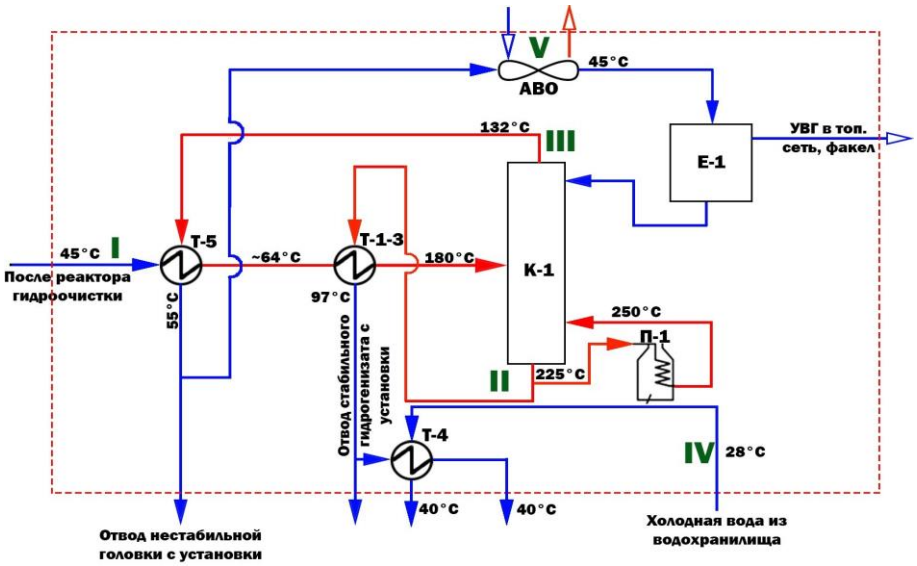


Рис. 1. Принципиальная схема модернизированной подсистемы.

Таким образом, в результате проведенного анализа и первичных расчетов, модернизация несет в себе следующие положительные моменты: наиболее полное использование вторичных энергоресурсов; количество нерационально рассеивающегося тепла в атмосферу снижено до 10,5% от исходного уровня; рекуперация теплоты увеличится на 1,75 МВт; также сокращено количество теплообменного оборудования (один АВО вместо двух) и потребляемой им электроэнергии.

1. Р. Смит, Й. Клемеш, Л. Л. Товажнянский, П. А. Капустенко, Л. М. Ульев, Основы интеграции тепловых процессов, Харьков: НТУ «ХПИ» (2000).
2. В. И. Коновалов, Т. Кудра, А. Н. Пахомов, А. Ю. Орлов, Вестник ТГТУ №3, 14, 560-578 (2008).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФТОРА В ГРАФИТЕ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ

Кочергина Е.В. [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: kochergina625@gmail.com

DETERMINATION OF FLUORINE IN GRAPHITE BY X-RAY FLUORESCENCE SPECTROMETRY

Kochergina E.V. [1], Abramov A.V. [1], Rebrin O.I. [1]
[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

X-ray fluorescence spectrometry was used to determine fluorine in graphite. The optimal conditions for excitation and registration of the analytical signal. This technique makes it possible to control the degree of saturation with fluorine of graphite electrodes and graphite dust.

Практически единственным методом получения металлического алюминия является электролиз криолитоглиноземного расплава. В производстве алюминия используются графитовые электроды. После электролиза производят очистку графитовых электродов. Для контроля данного процесса, а также для контроля чистоты графитовой пыли, которую рафинируют, используя растворы плавиковой кислоты, предложен метод определения фтора, алюминия и натрия в графите с помощью рентгенофлуоресцентного анализа.

Для количественного определения элементов в спектральном анализе необходимо наличие образцов сравнения (ОС) для построения градуировочного графика. Для создания ОС в матрицу из высокочистого графита вводили смесь фторидов алюминия и натрия в массовом соотношении Na:Al (1:1) и полученную смесь гомогенизировали.

В ходе работы было изготовлено 6 ОС с диапазоном содержаний фтора 1–8,5 мас. %, алюминия – 0,3–3 мас. %, натрия – 0,3–3 мас. %. Смеси прессовали в таблетки с подложкой из борной кислоты. Графит в чистом виде не поддается прессованию, поэтому для формирования таблеток вводили связующее CEREOX. Анализ производился на рентгенофлуоресцентном спектрометре ARL ADVANT’X 4200 в вакууме.

Были выбраны условия возбуждения аналитических линий, условия регистрации аналитического сигнала, учет матричных влияний, оценка метрологических показателей методики.

СОРБЦИЯ ГАЛЛИЯ НА СУСПЕНЗИИ МЕХАНОАКТИВИРОВАННОГО РУТИЛА

Печищева Н.В. [1], Коробицына А.Д. [1,2], Зайцева П.В. [1,2]
[1)] Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: annakorobitsyna@mail.ru

GALLIUM ADSORPTION ON MECHANICALLY ACTIVATED RUTILE SUSPENSION

Pechishcheva N.V. [1], Korobitsyna A.D. [1,2], Zaitceva P.V. [1,2]
[1)] Institute of metallurgy of UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A suspension of mechanoactivated rutile was used to recover Ga (III) from aqueous solutions by adsorption. The conditions for obtaining the suspension and Ga (III) adsorption procedure were developed. Experimental adsorption isotherms were analyzed; the maximum adsorption capacity was calculated.

Галлий относится к рассеянным элементам и присутствует в рудном сырье и продуктах его переработки в низких концентрациях на фоне макроколичеств матричных компонентов, например, алюминия и железа. Присутствие указанных элементов является одной из проблем при определении низких содержаний галлия методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-АЭС) в технологических растворах, поскольку оказывает влияние на интенсивность спектральных линий галлия, изменяя условия возбуждения спектра, а также вызывая спектральные наложения. Для устранения матричного влияния и повышения точности определения галлия в анализируемых растворах часто используют сорбционное разделение компонентов. В работе [1] нами было показано, что механоактивация рутила значительно повышает его способность сорбировать ионы галлия (III) из растворов.

Механоактивированный в высокоэнергетической планетарной шаровой мельнице рутил при обработке ультразвуковым излучением в подкисленном водном растворе с pH = 3 образует устойчивую суспензию, в которую переходит, в зависимости от условий, от 7 до 15 % исходного TiO_2. После отделения крупных неразрушенных ультразвуком частиц фильтрованием методом динамического светорассеяния установлен средний размер частиц суспензии - 14 нм, что соответствует размеру кристаллитов порошка механоактивированного рутила, определенному методом рентгенофазового анализа.

Цель данной работы – определение оптимальных условий сорбции галлия на суспензии механоактивированного диоксида титана (условия получения суспензии, ее концентрация, аликвота, процедура контактирования с сорбтивом и пр.). Построена изотерма сорбции галлия и рассчитана максимальная сорбционная емкость при применении суспензии, проведено сравнение с ранее полученными результатами при применении навески порошка сорбента [1].

1. Мельчакова О.В., Печищева Н.В., Коробицына А.Д. Механоактивированный рутил и его сорбционные свойства по отношению к галлию и германию // «Цветные металлы». 2019. № 1. С 32-39.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ТЕРМООБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ПОРОШКОВ ГИБРИДНЫХ ЛЮМИНОФОРОВ ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ СЛОИСТОГО ГИДРОКСИДА ГАДОЛИНИЯ-ТЕРБИЯ

Косых А.С. [1], Гордеев Е.В. [1], Харисова К.А. [2], Поливода Д.О. [1], Буйначев С.В. [1], Гурьянова А.А. [1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

[2)] Институт высокотемпературной электрохимии уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

E-mail: KosykhAnastasiya@yandex.ru

INFLUENCE OF THE HEAT TREATMENT REGIME ON THE PROPERTIES OF HYBRID LUMINOPHOR POWDERS OBTAINED ON THE BASIS OF LAYERED HYDROXIDE OF GADOLINIUM-TERBIUM

Kosykh A.S. [1], Gordeev E.V. [1], Kharisova K.A. [2], Polivoda D.O. [1], Buynachev S.V. [1], Gurianova A.A. [1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

[2)] Institute of HigTemperature Electrochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

In this work, hybrid phosphors based on layered Gd-Tb nitrate hydroxide, synthesized by controlled double-jet precipitation, as a result of intercalation of salicylate and terephthalate ions, were obtained. The effect of the heat treatment regime on the structure and intensity.

В последнее время всё больший интерес привлекают слоистые гидроксиды редкоземельных элементов (СГ РЗЭ). Сочетание исключительных характеристик РЗЭ со способностью слоистых веществ к интеркаляции и эксфолиации обеспечивает их перспективность при создании люминесцентных материалов [1,2]. Однако значительная гидратированность структуры не позволяет использовать СГ РЗЭ как самостоятельный люминофор [3]. Сейчас внимание исследователей направлено на исследование многофункциональных гибридных термо- и фотостабильных фотолюминесцентных материалов с гибкими оптическими свойствами, получаемых при введении в структуру СГ РЗЭ органических сенсибилизаторов люминесценции [4].

В рамках работы целью является оптимизация режима термообработки для системы гибридного люминофора на основе слоистого гидроксонитарата Gd-Tb с использованием в качестве сенсибилизатора ионов салицилата и терефталата.

Синтез гибридного люминофора включал следующие стадии: получение слоистого $(Gd_{0,99}Tb_{0,01})_2(OH)_5NO_3 \cdot nH_2O$ (далее GdTb) в ходе реакции соосаждения раствором 5 %-ого аммиака NH_4OH методом контролируемого двухструйного осаждения (КДО) при постоянном pH равном 8,0 с последующими фильтрацией и промывкой водой и спиртом, сушкой на воздухе и при 50 °C 24 ч, как описано в нашей статье [5]; гидротермальная интеркаляция ионов салицилата (далее GdTbSA) и терефталата (GdTbTA) при 120 °C 12 ч с фильтрацией и промывкой водой и спиртом, сушкой на воздухе при 40, 100, 150, 200, 250 и 400 °C 24 ч. Структура и оптические свойства получившихся веществ исследованы при помощи методов лазерной и рентгеновской дифракции, оптической микроскопии и люминесцентной спектрометрии, соответственно.

Структура образца GdTb, синтезированного методом КДО, идентифицирована как слоистый $Gd_2(OH)_5NO_3 \cdot nH_2O$. Частицы имеют близкую к сферической форму, не склонны к агрегированию в ходе сушки.

Обнаружено, что гибридные люминофоры Gd-Tb способны преобразовывать УФ-излучение в видимый свет с интенсивной люминесценцией в зеленой области спектра с максимумом при 540 нм. Гибридные системы GdTbSA и GdTbTA показывают значительный рост интенсивности фотолюминесценции по сравнению с прекурсором GdTb, что иллюстрирует эффективную передачу энергии от сенсибилизатора к люминесцентным центрам Tb^{3+}. Установлено, что вид сенсибилизатора обуславливает различие оптических свойств гибридных люминесцентных систем. В частности, добавка ионов терефталата обеспечивает поглощение УФ-B и УФ-C в области 250-315 нм, в то время как добавка салицилата позволяет расширить диапазон длин волн поглощения до 375 нм, что включает также УФ-A. Максимальная интенсивность «зелёного» излучения образца GdTbTA возрастает с увеличением температуры вплоть до 150 °C, после чего наблюдается её снижение. Напротив, добавка иона салицилата эффективна при более низких температурах сушки, и после 40 °C наблюдается резкое падение интенсивности «зелёного» излучения.

1. Gándara F., Perles J., Snejko N., Angewandte Chemie – International Edition, 45, 7998-8001, (2006).
2. Aleshin D.K., Mashkovtsev M.A., Kuznetsova Y.A., Rychkov V.N., Zatsepin A.F., Gordeev E.V., Journal of Alloys and Compounds, 805, 258-266, (2019).
3. Liu L.L., Wang Q., Xia D., Shen T.T., Yu M.H., Liu W.S., Tang Y., Chinese Chemical Letters, 24, 93-95, (2013).
4. Sun Y.H., Pan G.H., Gu Q.Y., Li X.X., Sun G.B., Ma S.L., Yang X.J., Materials Research Bulletin, 48, 4460-4468, (2013).
5. Mashkovtsev M.A., Kosykh A.S., Aleshin D.K. Gordeev E.V., Kuznetsova Y.A., Rychkov V.N., Zatsepin A.F., Ceramics International, 47, 2725-2734, (2021).

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ОКИСЛЕНИЯ КАТИОНИТА КУ-2×8 ВОДНЫМ РАСТВОРОМ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА

Козлова М.М. [1], Смольников М.И. [1], Уймин С.Н. [1], Марков В.Ф. [1,2]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России,
г. Екатеринбург, Россия
E-mail: marina.kozlova2014@mail.ru

STUDY KINETICS OF OXIDATION OF CATION EXCHANGE RESIN KU-2×8 WITH AQUEOUS SOLUTION OF HYDROGEN PEROXIDE

Kozlova M.M. [1], Smolnikov M.I. [1], Uymin S.N. [1], Markov V.F. [1,2]
[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural State Fire Service Institute of Emergency Ministry of Russia, Yekaterinburg, Russia

Complex kinetic studies of the oxidation of the cation exchanger KU-2×8 using hydrogen peroxide have been carried out. The influence on the process of temperature, concentration of hydrogen peroxide and catalyst is estimated.

В настоящее время утилизация отработанных ионообменных смол относится к одной из первостепенных проблем на атомных электростанциях и некоторых предприятиях ядерного цикла. Традиционные технологии переработки отработанных смол являются относительно дорогостоящими и в ряде случаев сопровождаются образованием взрывоопасных продуктов. Поэтому для решения этой проблемы необходима разработка перспективных технологий утилизации, которые позволят сократить экономические издержки и обеспечить безопасность окружающей среды от загрязнения радиоактивными отходами [1, 2].

Эффективным способом переработки отработанных смол является окислительная деструкция. К перспективной технологии утилизации отработанных смол можно отнести процесс Фентона, который заключается в окислении органических соединений при действии на них пероксида водорода. В качестве каталитической добавки чаще всего используют соли двухвалентных переходных металлов – железа(II), меди(II).

В настоящей работе проведены комплексные кинетические исследования безкаталитического и каталитического окисления широко применяемого в практике АЭС катионита КУ-2×8 с использованием реакции Фентона.

Безкаталитическое окисление катионита 5–25 % раствором пероксида водорода проводили при температурах 348–368 K. Каталитическое разложение катионита 20 % пероксидом водорода осуществляли в диапазоне температур 323−353 K в присутствии добавок: 0.001–0.009 ммоль/л сульфата меди(II), 0.001–0.005 ммоль/л сульфата железа(II) и железа(III). В результате установлено, что

наибольшее влияние на скорость безкаталитического и каталитического окисления катионита оказывает температура процесса. Увеличение концентрации пероксида водорода или каталитической добавки при определенной температуре не приводит к существенному ускорению процесса разложения катионита.

На рисунке 1 приведены сравнительные кривые скорости разложения 50 % массы катионита пероксидом водорода от температуры процесса без введения каталитических добавок (1) и в присутствии различных солей: $CuSO_4$ (2), $Fe_2(SO_4)_3$ (3), $FeSO_4$ (4). Хорошо видно, что в отсутствие добавок даже при 368 K в течение 4 часов контакта смолы с пероксидом водорода скорость ее деструкции не превышает 0.3 мг/мл·мин, тогда как введение в реактор всего 0.004 ммоль/л $FeSO_4$ увеличивает ее в 22 раза при более низкой температуре (348 K).

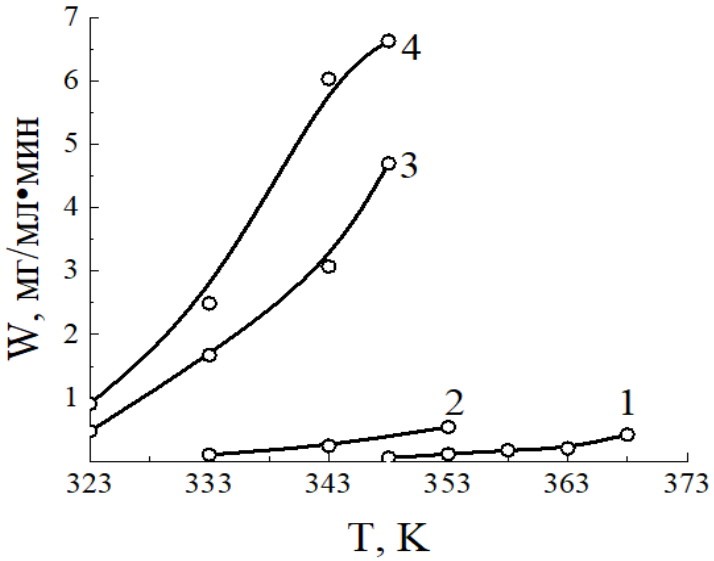


Рис. 1. Изменение скорости разложения 50 % массы катионита КУ-2×8 пероксидом водорода от температуры процесса без каталитической добавки (1), в присутствии 0.005 ммоль/л CuSO4 (2), 0.004 ммоль/л Fe2(SO4)3 (3), 0.004 ммоль/л FeSO4 (4)

Найденные значения энергии активации реакции безкаталитического окисления катионита пероксидом водорода, находятся в диапазоне 132.5–142.0 кДж/моль. Добавление $CuSO_4$, $Fe_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$ снижает значения энергии активации до 89.7–115.2, 50.3–78.7, 40.9–67.1 кДж/моль соответственно. Таким образом, результаты проведенных исследований доказывают перспективность использования в качестве катализатора сульфата железа (II), обеспечивая высокую скорость деструкции исследуемого катионита и меньшую энергию активации этого процесса.

1. М.И. Смольников, В.Ф. Марков, Л.Н. Маскаева, А.Е. Бобылев и О.А. Мокроусова, Бутлер. сообщения. Т. 49, № 3, 119–134 (2017).
2. J. Wang, Z. Wan., Prog. Nucl. Energy. V. 78, 47–55 (2015).

РАСЧЁТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СПЛАВОВ, СОДЕРЖАЩИХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Крылосов А.В. [1], Ребрин О.И. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента Б.Н. Ельцина
E-mail: 2131987@mail.ru

CALCULATION OF THERMODYNAMIC CHARACTERISTICS OF ALLOYS CONTAINING RARE EARTH ELEMENTS

Krylosov A.V. [1], Rebrin O.I. [1]
[1)] Ural Federal University

A series of experiments was carried out to obtain samples of Al-REM and Mg-REM alloys with different REM content. Thermodynamic characteristics of the reactions of alloy formation is estimated. The packing factor and the dissociation energy of the metal component per unit volume are calculated

Редкоземельные металлы (РЗМ) применяются при легировании различных металлов с целью изменения их свойств. Широкое применение находит легирование лёгких металлов, например, алюминия и магния.

В системах Al-РЗМ and Mg-РЗМ существует ряд общих закономерностей. Так, увеличение атомного номера РЗМ приводит к смещению точки первой эвтектики, со стороны алюминия или магния, в сторону увеличения содержания РЗМ и соответствующее уменьшение температуры ее образования. Диаграммы состояния систем с РЗМ имеют похожий вид

Согласно [1,2] алюминий и магний образуют целый ряд интерметаллических соединений (ИМС) в широком диапазоне температур.

Для определения термодинамической возможности процесса сплавообразования РЗМ с алюминием [3] и магнием [4] и, образование каких ИМС более термодинамически выгодно, были проведёны расчёты константы равновесия реакций сплавообразования Al(Mg)-РЗМ для различных металлов, фактора упаковки V_i и энергии диссоциации металлической составляющей на единицу объёма G_i.

Опыты проводили, задавая РЗМ в виде смеси безводных трифторидов с добавками фторида натрия, с целью понизить температуру плавления солевой композиции. С этой же целью добавляли эквимольную смесь хлоридов натрия и калия.

В ходе проведения исследований были получены сплавы на основе алюминия и магния, содержащие РЗМ.

Был проведен качественный рентгенофазовый анализ полученных сплавов, который позволил определить, какие ИМС образуются при проведении высокотемпературной обменной реакции, по способу [5].

По результатам расчётов были построены графические зависимости константы равновесия реакций сплавообразования Al(Mg)-РЗМ. Графики имеют одинаковый характер, который различается только численными зависимостями.

Рассчитанные значения указывают на то, что наибольшей энергией диссоциации, в случае алюминия, обладают соединения, описываемые формулой Al_4Ln и Al_3Ln, в случае иттрия, а в случае магния, соединения $Mg_{17}La_2$, $Mg_{41}Ce_5$, $Mg_{41}Nd_5$.

С увеличением мольной доли РЗМ, в интерметаллическом соединении, возрастает значение фактора упаковки V_i. При этом вследствие уменьшения ионного радиуса из-за «лантаноидного сжатия» значение величины фактора упаковки уменьшается в ряду от La к Gd. Наименьшими значения V_i обладают ИМС, образованные иттрием с алюминием и, неодимом с магнием.

1. Лякишев Н.П. и др. Диаграммы состояния металлических систем. Т.1, Машиностроение (1996).
2. Лякишев Н.П. и др. Диаграммы состояния металлических систем. Т.2, Машиностроение (1997).
3. Лебедев В.А., Ямщиков Л.Ф. Термохимия сплавов редкоземельных и актиноидных элементов. Металлургия (1989).
4. Ахмедов М.Ч. Термодинамические свойства сплавов Mg-Al, Y-Mg, Nd-Mg и кинетика катодных процессов применительно к электролитическому получению лигатур : автореф. дис. …канд. тех. наук: 05.16.02 / Ахмедов Мурод Чариевич . – Е., 2010. – 16 с.
5. Иванов В.А., Крылосов А.В. и др., Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия, 2, 54 (2005).

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АНАЛИЗА СИНТЕТИЧЕСКИХ МАКРО- И НАНОРАЗМЕРНЫХ ПОРОШКОВ АЛЮМОМАГНИЕВОЙ И АЛЮМОМАРГАНЦЕВОЙ ШПИНЕЛИ

Кубрина Е.Д. [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: e.d.kubrina@urfu.ru

DEVELOPMENT OF METHODS FOR THE ANALYSIS OF SYNTHETIC MACRO- AND NANOSCALE POWDERS OF ALUMINUM-MAGNESIUM AND ALUMINUM-MANGANESE SPINEL

Kubrina E. D. [1], Lisienko D. G. [1], Dombrovskaya M. A. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

An atomic emission spectral technique for determining the main and doping elements in spinel targets and in nanopowders obtained from them by laser ablation has been developed. The technique is implemented on spectrometer with inductively coupled plasma Optima 2100 DV.

В ИЭФ УрО РАН широко используют технологию синтеза керамических материалов, основанную на спекании нанопорошков, полученных методом лазерной абляции мишени, изготовленной из макроразмерных дисперсных оксидов. Элементный состав наноматериалов может отличаться от состава исходной мишени из-за эффектов фракционирования, что необходимо установить и учитывать при дальнейшем получении наночастиц. Настоящая работа посвящена разработке методик элементного анализа алюмомагниевых (допированных железом или медью) и алюмомарганцевых (допированных железом) шпинелей, участвующих в описанной выше технологии.

Учитывая высокие требования к точности измерений состава в качестве аналитического метода использовали атомно-эмиссионный с индуктивно-связанной плазмой (ИСП) в качестве источника возбуждения спектров. Так как методы с применением ИСП требуют перевода проб в раствор, ранее [1] разложение шпинелей осуществляли сплавлением пробы с кислым фторидом калия и последующей обработкой плава серной кислотой. Эта методика длительна, требует особой тщательности при реализации, финишные растворы содержат соли в высокой концентрации, что требует приготовления адекватных градуировочных образцов.

В данной работе испытан способ растворения шпинелей путем обработки смесью фосфорной и серной кислот, рекомендованный в [2] для разложения оксида алюминия. Установлено, что в данной смеси действительно происходит растворение обоих видов материалов. Выбран состав смеси и ее количество, обеспечивающие быстрое и полное разложение при минимальной кислотности анализируемого раствора. Разработку методики атомно-эмиссионного анализа вы-

полнили с применением спектрометра OPTIMA 2000DV. Выбраны аналитические линии определяемых элементов, исследовано влияние основных операционных параметров прибора, изучено влияние фосфорной и серной кислот на интенсивность спектральных линий аналитов, что позволило конкретизировать условия измерений. Рассмотрена структура погрешности результата измерения. Дисперсионным анализом показано, что случайную погрешность формирует нестабильность условий генерации аналитического сигнала, в то время как погрешность, обусловленная вариациями условий разложения незначима. Правильность методики доказана равенством суммы содержаний оксидов в материалах мишени 100%. Погрешность анализа основных и примесных элементов не превышает 1.0 %.

Выражаем благодарность сотрудникам Лаборатории квантовой электроники Института электрофизики УрО РАН за постановку задач и предоставленные для исследования материалы.

1. М.П. Пискарева, Д.А. Краснова, Д.Г.Лисиенко. Проблемы теоретической и экспериментальной химии . Тезисы докладов XXVIII Российской молодежной научной конференции. – Екатеринбург: Изд-во УрФУ, С.138.(2018)
2. Р.Бок. Методы разложения в аналитической химии.- М,:Химия, (1984).

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ СОРБЦИИ SR-90 ФЕРРОЦИАНИДНЫМ СОРБЕНТОМ НА ОСНОВЕ ГЛАУКОНИТА

Куликова М.А. [1], Воронина А.В. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: marinakulikova25@gmail.com

STUDY OF THE KINETICS OF SR-90 SORPTION BY FERROCYANIDE SORBENT BASED ON GLAUCONITE

Kulikova M.A. [1], Voronina A.V. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The physicochemical characteristics of the inorganic sorbent NKF-Gl were studied. The kinetics of Sr-90 sorption was investigated at different stirring rate.

В результате попадания радионуклидов на поверхность земли они аккумулируются в почве, вступают в биогеохимические циклы миграции и становятся новыми компонентами почвы. Для извлечения радионуклида из почвенных растворов применяют сорбционные материалы. Эффективность извлечения радионуклидов зависит от селективности сорбента в присутствии неорганических и

органических компонентов, содержащихся в почвенных растворах. Сорбционные свойства материалов в значительной мере определяются природой матрицы сорбента и его функциональных групп. При извлечении радионуклидов из почвенных растворов важную роль играют также скорость и механизм сорбции, так как в почвенном растворе происходит перераспределение радионуклида между почвой, сорбентом и растением. Кинетические характеристики определяются природой сорбционного материала, формой и размером гранул[1].

В работе исследованы физико-химические и сорбционные свойства смешанного ферроцианида никеля-калия на основе глауконита (НКФ-Гл), разработанного для реабилитации радиоактивно-загрязнённых территорий. Гранулометрический состав сорбента исследовали на лазерном дифракционном анализаторе, мода распределения частиц сорбента по размеру составила 218 мкм. Исследование текстуры поверхности сорбента проводили методом электронной микроскопии. Показано, что распределение частиц на поверхности сорбента бимодальное с модами 203 и 84 нм. Основными компонентами сорбента являются SiO_2, Fe_2O_3 и Al_2O_3 с массовым содержанием соответственно 48,4, 26,5 и 11,6 %. В ИК-спектре НКФ-Гл показано присутствие ОН-групп, кристаллизационной воды, CO_2, связи C–N и связей Si–O–Si и Al–O–Al, характерных для алюмосиликатов. Сорбент является мезопористым с удельной поверхностью 39,9 $м^2/г$, которая в основном является внешней поверхностью (22,4 $м^2/г$).

Исследование кинетики сорбции стронция НКФ-Гл показало протекание сорбции в двухстадийном режиме. Скорость перемешивания раствора влияет на скорость сорбции стронция только на первой стадии и только до скорости 480 об/мин.

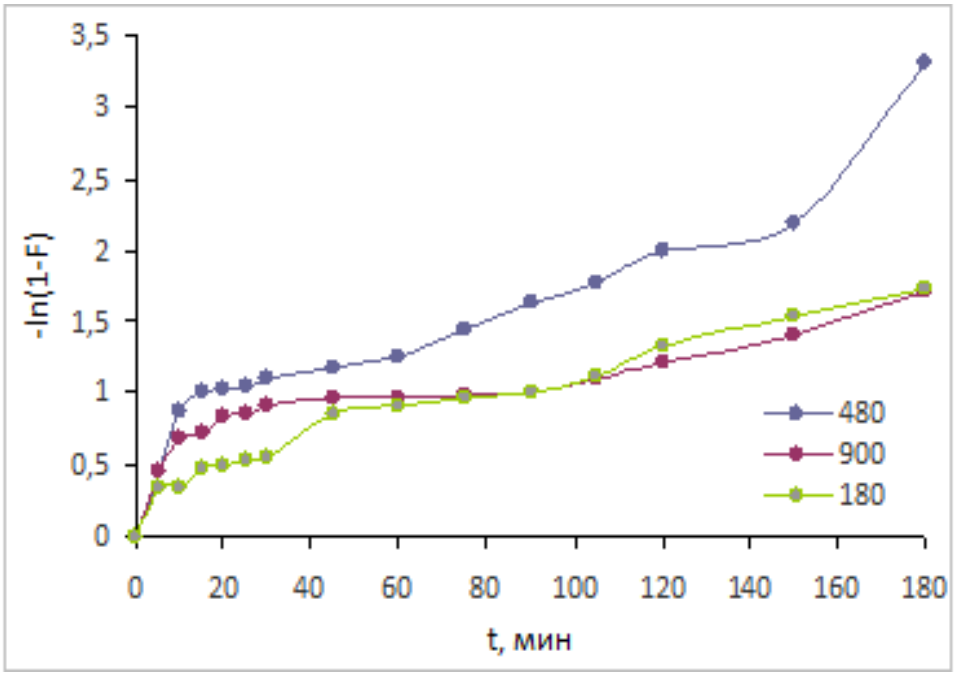


Рис. 1. Кинетические зависимости сорбции стронция НКФ-Гл из водопроводной воды при разных скоростях перемешивания

Наибольшая скорость сорбции стронция (γ_1=0,088±0,001 и γ_2=0,012±0,003 мин-1) и реализуемый коэффициент распределения 290 мл/г наблюдаются при скорости перемешивания 480 об/мин.

Работа поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (в рамках базовой части госзадания, проект № FEUZ-2020-0060).

1. Соколова Т.А.,Трофимов С.Я. Сорбционные свойства почв. Адсорбция. Катионный обмен: учебное пособие по некоторым главам химии почв. - Тула: Гриф и К, 2009

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИИ ПОЛОНИЯ-210 НА ТОНКОСЛОЙНОМ СОРБЕНТЕ MnO_2-ТАЦ

Куляшова Е. Н. [1], Семенищев В. С. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: elenakulyashova99@mail.ru

THE STUDY OF POLONIUM-210 SORPTION BY A THIN-LAYER MnO_2-CTA SORBENT

Kulyashova E. N. [1], Semenischev V. S. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

One of the main areas of application of the MnO2 – CTA sorbent is combining sorption extraction of radionuclides and preparing a source for alpha-spectrometric measurements into one operation. In this work, sorption of Po-210 was studied depending on the sorption time.

Сорбент марки MnO_2–ТАЦ представляет собой диск тонкослойного диоксида марганца на пленке триацетатцеллюлозы. Одна из основных областей применения плоских тонкослойных – объединение в одну операцию сорбционное извлечение радионуклидов и приготовление источника для альфа-спектрометрических измерений. Наиболее важным показателем качества альфа-спектрометрического источника является энергетическое разрешение, которое измеряется через ширину пика на полувысоте (ШППВ).

В данной работе была изучена сорбция Po-210 на сорбенте MnO_2–ТАЦ в зависимости от времени сорбции. Радионуклид Po-210 был получен из изотопного генератора на основе Pb-210.

В дистиллированную воду добавляли метку Po-210, доводили pH раствора до 1,1 – 1,2, после чего раствор приводили в контакт с сорбентом площадью 4 $см^2$. Через определенное время сорбент вынимали, сушили и измеряли на альфа-спек-

трометре, фиксируя скорость счета и энергетическое разрешение. Для проб с временем сорбции более недели рассчитывали поправку на распад Po-210. Полученные результаты приведены на рис. 1.

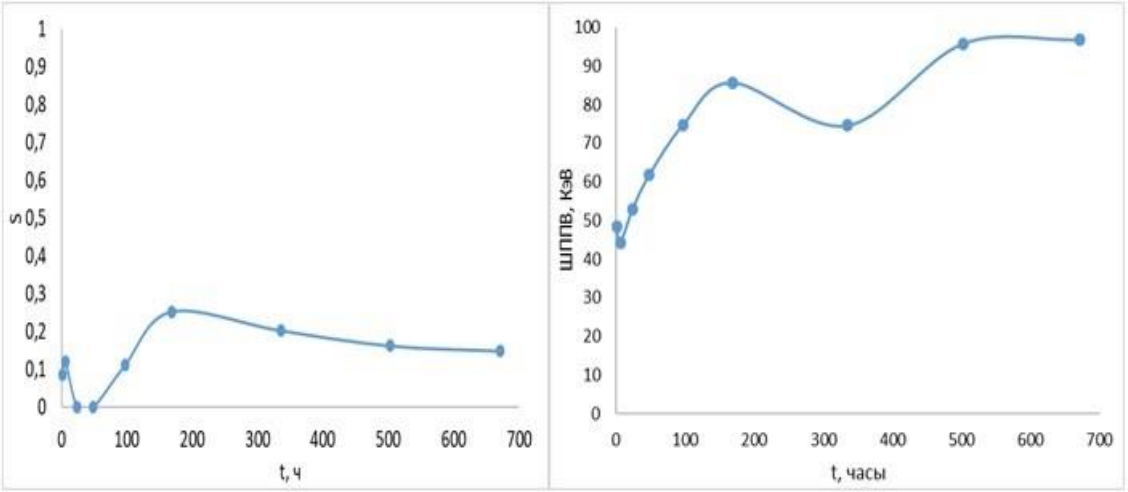


Рис. 1. Зависимости степени сорбции и ШППВ пика полония-210 на от времени

Результаты исследования кинетики сорбции полония-210 показали, что при сорбции полония-210 сорбентом MnO_2-ТАЦ в течение первой недели сорбции наблюдался рост степени сорбции, после чего происходило плавное снижение степени сорбции в течение всего последующего изученного периода. Наиболее вероятно, этот факт можно объяснить постепенным растворением фазы диоксида марганца с поверхности сорбента MnO_2-ТАЦ в кислой среде и вымыванием сорбированного полония вместе с поверхностными слоями сорбирующей фазы. В то же время, величина ШППВ плавно росла от 40 – 50 кэВ в первые часы сорбции полония до 97 кэВ через 4 недели сорбции, что указывает на постепенное протекание процесса диффузии, несмотря на растворение поверхностных слоев сорбента. Было рассчитано, что линейные потери энергии альфа-частицы с исходной энергией 5,3 МэВ в слое диоксида марганца составляют 245 кэВ/мкм, а средняя толщина слоя диоксида марганца в сорбенте составляет 0,45 мкм. Таким образом, потери энергии альфа-частицами полония легко можно объяснить диффузией Po-210 вглубь слоя диоксида марганца. По обработке альфа-спектра сорбента MnO_2-ТАЦ после сорбции Po-210 в течение 4 недель было определено, что коэффициент диффузии полония в диоксиде марганца составляет $1{,}3 \cdot 10^{-16}$ см^2/с. Полученная оценка коэффициента диффузии, скорее всего, соответствует зернограничной диффузии в плёнке MnO_2, на что указывает морфология поверхности плёнки, представляющей собой глобулярную структуру частиц расмделлита.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-03-00931.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ СТРОНЦИЯ-90 ГРАНУЛИРОВАННЫМ ПРИРОДНЫМ АЛЮМОСИЛИКАТОМ

Зенкова К.И[1,2], Кутергин А.С[2], Недобух Т.А[2]
[1)] ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: a.s.kutergin@urfu.ru

STUDY OF SORPTION OF STRONTIUM-90 WITH GRANULAR NATURAL ALUMOSILICATE

Zenkova K.I[1,2], Kutergin A.S[2], Nedobukh T.A[2]
[1)] FSBI "Russian Research Institute for the Integrated Use and Protection of Water Resources", Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Perspective of application of natural alumosilicate – glauconite granulated with binder - tap water as sorbent for extraction of strontium radionuclide from natural waters during rehabilitation of radiation contaminated areas is shown.

В последние годы одним из перспективных методов очистки поверхностных природных вод от радиоактивных и токсичных металлов является сорбционный метод. В связи с этим разработка новых сорбентов приобрела особую актуальность. Одним из наиболее распространенных и трудноудаляемых долгоживущих радионуклидов является стронций-90. Поступление в воду, почву и в растения приводит к его миграции по цепям питания, и как следствие, попаданию в организм человека [1,2].

В схемах очистки питьевой воды все большее применение находят алюмосиликаты природного происхождения, сочетающие дешевизну с достаточно высокими сорбционными характеристиками, а также обладающие значительной устойчивостью к радиационному излучению. Кроме того, природные алюмосиликаты доступны и экологически безопасны.

Однако, исследуемый в работе кварц-глауконитовый концентрат полученный на основе местного минерального сырья (Каринское месторождение, Челябинская обл., Россия) имеет недостаточную механическую прочность, что затрудняет его использование в динамическом режиме при высоких гидравлических нагрузках. Для повышения эксплуатационных характеристик исходный глауконит гранулировали методом экструзии, используя в качестве связующего водопроводную воду ("Гл-Гр-H_2O").

В работе представлены результаты изучения сорбционного концентрирования радионуклида из водных растворов опытными образцами "Гл-Гр-H_2O" в статических и динамических условиях. Построены изотерма сорбции в коорди-

натах «концентрация стронция в сорбенте от равновесной концентрации стронция в растворе», и выходная кривая сорбции в координатах «проскок от пропущенного объема».

Установлено, в диапазоне концентраций (10^{-5} – 10^{-2}) г/л распределение стронция между твердой и жидкой фазами подчиняется закону Генри. Коэффициент распределения "Гл-Гр-H_2O" в этой области равен $(3{,}46\pm0{,}29)\cdot10^2$ мл/г, что сопоставимо со значением K_d = (200±24) мл/г исходного природного глауконита. Достигнутое значение статической обменной емкости в диапазоне концентраций (10^{-5} – 1) г/л достигло ≥ 4,2 мг/г.

Коэффициент распределения в динамическом режиме составил не менее $(2{,}42\cdot10^3)$ мл/г, что в ≈ 10 раз превышает его значение, полученное в статических условиях. Это можно объяснить сорбцией стронция гидроксидом железа, накапливающемся в межзерновом пространстве загрузки колонки и выполняющего роль дополнительного коллектора. В процессе эксперимента уплотнения сорбента не наблюдалось, что подтверждает возможность его использования в качестве загрузки фильтров в системах водоочистки.

Вывод. Сорбент "Гл-Гр-H_2O", полученный из местного минерального сырья гранулированием со связующим – водопроводной водой, экономически выгоден и пригоден к использованию при реабилитации водных объектов, загрязненных на территориях Уральского региона.

1. T.A. Nedobukh and V.S. Semenishchev. Handbook of Environmental Chemistry. 88, 1-23 (2020).
2. A.V. Voronina, V.S. Semenishchev and D.K. Gupta. Handbook of Environmental Chemistry. 88, 203-226 (2020).

ДЕСОРБЦИЯ ЗОЛОТА С ПОВЕРХНОСТИ СУЛЬФОЭТИЛИРОВАННОГО ПОЛИАЛЛИЛАМИНА

Кузнецова К.Я. [1], Гаврилова Д.А. [1], Алифханова Л.М. [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

DESORPTION OF GOLD FROM THE SURFACE OF SULFOETHYLATED POLYALLYLAMINE

Kuznetsova K.Ya. [1], Gavrilova D.A[1], Alifkhanova L.M.[1], Petrova Yu.S.1, Neudachina L.K.1

[1)] Ural Federal University

The optimal conditions for desorption of gold from the surface of sulfoethylated polyallylamine have been determined. Quantitative gold desorption is achieved only from the surface of SEPAA 1.0 using two desorption cycles with a hot 1% thiourea solution in 3 M HCl.

В настоящее время интенсивно развиваются технологии извлечения ионов благородных металлов из различных объектов с помощью сорбционных методов разделения и концентрирования. Ранее установлено, что сульфоэтилированный полиаллиламин, сшитый эпихлоргидрином со степенями модифицирования 0.5 и 1.0 (СЭПАА 0.5 и 1.0, соответственно) селективно и количественно извлекает золото (III) в присутствии платины (IV). Для прогнозирования возможности многократного использования СЭПАА необходимо исследование регенерационных свойств сорбентов.

Целью работы являлось определение оптимальных условий десорбции золота с поверхности СЭПАА. Сорбент синтезирован в ИОС УрО РАН путем полимераналогичных превращений полиаллиламина под руководством к.х.н. А.В. Пестова [1].

Сорбцию проводили из растворов с исходной концентрацией золота (III), равной $1 \cdot 10^{-4}$ М, при pH 4.0 СЭПАА 0.5 и СЭПАА 1.0 в статических условиях. При этом в процессе сорбции наблюдалось значительное потемнение СЭПАА, что может быть связано с частичным восстановлением золота в фазе сорбентов. После разделения фаз фильтрованием и промывания сорбента деионизованной водой проводили десорбцию золота с использованием 30.0 мл определенного регенеранта в статических условиях в течение суток. В качестве регенерантов исследованы: 3.5 М HCl; 1 М NH_4SCN; 1 % раствор тиомочевины в 2 М и 3 М HCl; горячий 1 % раствор тиомочевины в 3 М HCl.

На рисунке 1 приведены степени десорбции золота (D, %) с поверхности СЭПАА 1.0, полученные при использовании различных регенерантов.

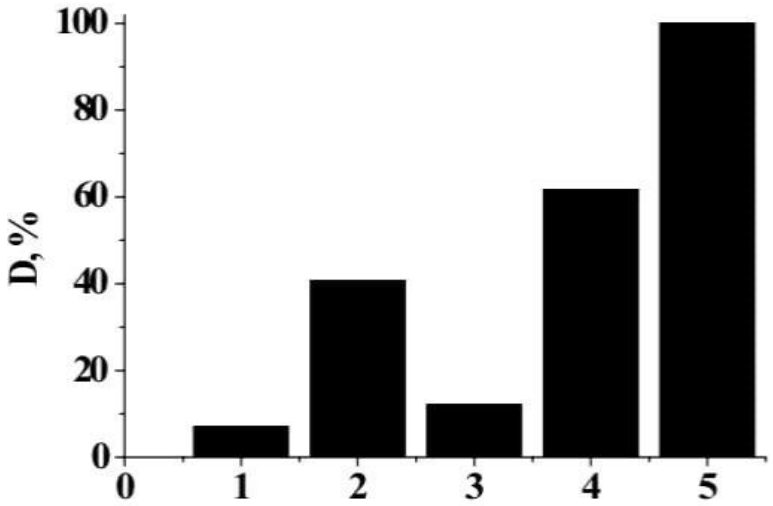


Рис. 1. Степень десорбции золота с поверхности СЭПАА 1.0 после его сорбции при pH 4.0. Один цикл десорбции: 1 – 3.5 М HCl; 2 – 1 % р-р тиомочевины в 2 М HCl. Два цикла десорбции: 3 – 1 М р-р роданида аммония; 4 – 1 % р-р тиомочевины в 3 М HCl; 5 – 1 % р-р тиомочевины в 3 М HCl, при нагревании

Стоит отметить, что для СЭПАА 0.5 наблюдаются такие же закономерности изменения степени десорбции как и для СЭПАА 1.0 (рис. 1). Установлено, что наименьшие степени десорбции золота с поверхности сорбентов реализуются при использовании в качестве регенерантов соляной кислоты и раствора роданида аммония. Показано, что после обработки сорбентов солянокислыми растворами тиомочевины они приобретают свой исходный цвет. Однако количественная десорбция золота достигается только с поверхности СЭПАА 1.0 при использовании двух циклов десорбции горячим 1 % раствором тиомочевины в 3 М HCl. Таким образом, установлено, что десорбция золота с поверхности СЭПАА во многом осложняется образованием устойчивых комплексов золота с функциональными группами сорбентов и его частичным восстановлением в процессе сорбции.

Работа выполнена при финансовой поддержке постановления № 211 Правительства Российской Федерации, контракт № 02.A03.21.0006

1. L. M. k. Alifkhanova, K.Ya. Lopunova (Кузнецова), A. V. Pestov et al. Separation Science and Technology (2020).

THERMAL DECOMPOSITION OF DERIVATIVES POLYCHLOROBIPHENYLS

Maiorova A.V. [1], Kulikova T.V. [1], Bardina M.N. [1.2]
[1)] Institute of Metallurgy of UB RAS, Ekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
E-mail: imeturoran@mail.ru

The thermal stability and composition of the gas phase of derivatives of polychlorobiphenyls synthesized by the reaction of the congeners with KOH with 2-aminoethanol was studied by synchronous thermal analysis and mass spectrometry.

Polychlorinated biphenyls (PCBs) are ecotoxicants that must be destroyed. The incineration method does not solve the problem of destruction of PCBs, because heat treatment of chloroarenes produces even more toxic phosgene, polychlorodibenzodioxins and dibenzofurans, chlorine oxides, etc. Preliminary preparation of PCBs with partial replacement of halogen atoms with other functional groups makes it possible to obtain PCB derivatives with a minimum chlorine content. Furthermore, thermolysis can minimize the risk of the formation of more hazardous organochlorine compounds.

The thermal stability and composition of the gas phase of PCB hydroxy derivatives have been investigated by the methods of simultaneous thermal analysis and mass spectrometry. PCBs were obtained by the interaction of congeners of the mixture "Trichlorobiphenyl" with potassium alkali (KOH) in a 2-aminoethanol medium. A three-stage process of weight loss of PCB hydroxy derivatives (see Fig.) is observed.

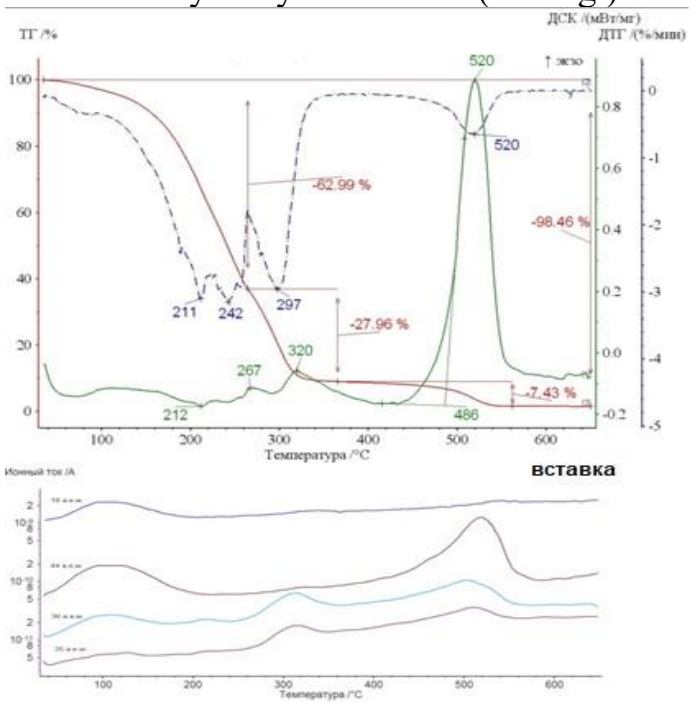


Рис. 1. DSC, TG, DTG thermograms of thermal destruction of hydroxy derivatives. Insert - ion current thermograms: ^{35}Cl (35 a.u.m.); $H^{35}Cl$ (36 a.u.m.); CO_2 (44 a.u.m.); H_2O (1 a.u.m.).

The first stage of weight loss (up to about 267°C) (63%) corresponds to the decomposition of hydroxy derivatives. Intense peaks in the ion current curves: H_2O (18 a.u.m.), CO_2 (44 a.u.m.), ^{35}Cl (35 a.u.m.), and $H^{35}Cl$ (36 a.u.m.) indicate the degradation process. The second stage of weight loss is observed in the temperature range from 267 to 320°C (28%) and is associated with the release of chlorine-containing products (^{35}Cl and $H^{35}Cl$). The third stage of mass loss is associated with the combustion of the carbon residue (7%). The position of the CO_2 evolution peak on the ion current curve at 520°C corresponds to the largest exo effect on the DSC curve.

Utilization of PCB hydroxy derivatives by thermal method is environmentally friendly and less energy consuming. Since in the process of radical thermal decomposition of PCB derivatives in the presence of air, their hydroxy groups are transformed to water.

This work was funded by RFFI (grant № 18-29-24126)

РАСЧЁТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СПЛАВОВ, СОДЕРЖАЩИХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Крылосов А.В. [1], Максимцев К.В. [1], Ребрин О.И. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента Б.Н. Ельцина), физико-технологический институт, кафедра редких металлов и наноматериалов
E-mail: avkrylosov@urfu.ru

CALCULATION OF THERMODYNAMIC CHARACTERISTICS OF ALLOYS CONTAINING RARE EARTH ELEMENTS

Krylosov A.V. [1], Maksimtsev K.V. [1], Rebrin O.I. [1]
[1)] Ural Federal University, Institute of Physics and Technology, Department of Rare Metals and Nanomaterials, Ekaterinburg, Russia

A series of experiments was carried out to obtain samples of Al-REM and Mg-REM alloys with different REM content. Thermodynamic characteristics of the reactions of alloy formation is estimated. The packing factor and the dissociation energy of the metal component per unit volume are calculated.

Редкоземельные металлы (РЗМ) применяются при легировании различных металлов с целью изменения их свойств. Широкое применение находит легирование лёгких металлов, например, алюминия и магния.

В системах Al-РЗМ and Mg-РЗМ существует ряд общих закономерностей. Так, увеличение атомного номера РЗМ приводит к смещению точки первой эвтектики, со стороны алюминия или магния, в сторону увеличения содержания РЗМ и соответствующее уменьшение температуры ее образования. Диаграммы состояния систем с РЗМ имеют похожий вид

Согласно [1,2] алюминий и магний образуют целый ряд интерметаллических соединений (ИМС) в широком диапазоне температур.

Для определения термодинамической возможности процесса сплавообразования РЗМ с алюминием [3] и магнием [4] и, образование каких ИМС более термодинамически выгодно, были проведёны расчёты константы равновесия реакций сплавообразования Al(Mg)-РЗМ для различных металлов, фактора упаковки Vi и энергии диссоциации металлической составляющей на единицу объёма Gi.

Опыты проводили, задавая РЗМ в виде смеси безводных трифторидов с добавками фторида натрия, с целью понизить температуру плавления солевой композиции. С этой же целью добавляли эквимольную смесь хлоридов натрия и калия.

В ходе проведения исследований были получены сплавы на основе алюминия и магния, содержащие РЗМ.

Был проведен качественный рентгенофазовый анализ полученных сплавов, который позволил определить, какие ИМС образуются при проведении высокотемпературной обменной реакции, по способу [5].

По результатам расчётов были построены графические зависимости константы равновесия реакций сплавообразования Al(Mg)-РЗМ. Графики имеют одинаковый характер, который различается только численными зависимостями.

Рассчитанные значения указывают на то, что наибольшей энергией диссоциации, в случае алюминия, обладают соединения, описываемые формулой Al_4Ln и Al_3Ln, в случае иттрия, а в случае магния, соединения $Mg_{17}La_2$, $Mg_{41}Ce_5$, $Mg_{41}Nd_5$.

С увеличением мольной доли РЗМ, в интерметаллическом соединении, возрастает значение фактора упаковки V_i. При этом вследствие уменьшения ионного радиуса из-за «лантаноидного сжатия» значение величины фактора упаковки уменьшается в ряду от La к Gd. Наименьшими значения V_i обладают ИМС, образованные иттрием с алюминием и, неодимом с магнием.

1. Лякишев Н.П. и др. Диаграммы состояния металлических систем. Т.1, Машиностроение (1996).
2. Лякишев Н.П. и др. Диаграммы состояния металлических систем. Т.2, Машиностроение (1997).
3. Лебедев В.А., Ямщиков Л.Ф. Термохимия сплавов редкоземельных и актиноидных элементов. Металлургия (1989).
4. Ахмедов М.Ч. Термодинамические свойства сплавов Mg-Al, Y-Mg, Nd-Mg и кинетика катодных процессов применительно к электролитическому получению лигатур : автореф. дис. …канд. тех. наук: 05.16.02 / Ахмедов Мурод Чариевич . – Е., 2010. – 16 с.
5. Иванов В.А., Крылосов А.В. и др., Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия, 2, 54 (2005).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕРИЯ В (Li – K – Cs)ClЭВТ

Щетинский А.В. [1], Марьянова К.А. [1], Дедюхин А.С. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: kseniamaryanova@mail.ru

DETERMINATION OF THE THERMODYNAMIC CHARACTERISTICS OF CERIUM IN (Li-K-Cs)Cl

Schetinsky A.V. [1], Maryanova K.A. [1], Dedyukhin A.S. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work, the equilibrium potentials of Ce were determined by the method of quasi-stationary potentiometric measurements relative to the silver chloride reference electrode in an equimol mixture of lithium, potassium and caesium chlorides in the temperature range of 799-973 K.

Для разработки и совершенствования технологических процессов электролитического получения РЗМ необходима детальная информация об электрохимических свойствах и поведении этих металлов в солевых расплавах. Исследование таких систем методом ЭДС позволяет получить эти данные. В последнее время получил распространение нестационарный вариант этого метода [1 – 2], который позволяет получить значительно больший объем данных с допустимым уровнем погрешности. Для исследований была выбрана тройная эвтектическая смесь хлоридов лития, калия и цезия, которая имеет одну из самых низких температур плавления (536 К) среди известных легкоплавких смесей хлоридов щелочных металлов, что в свою очередь позволяет проводить электрохимические исследования в широком температурном диапазоне.

При выполнении этой работы нами были получены данные по равновесным потенциалам церия методом квазистационарных потенциометрических измерений относительно хлоридсеребряного электрода сравнения в (Li – K – Cs)Clэкв в диапазоне температур от 799 до 973 К. Измерения проводили в соответствии с методикой описанной авторами [1 – 2]. Потенциал поляризации задавали в интервале от -2,2 до -2,6 В. Время выдержки после поляризации варьировали от 10 до 100 сек. Обработку хронопотенциограмм проводили с использование математического пакета Advanced Graphed 2.2.

По полученным данным были рассчитаны температурные зависимости условно-стандартных потенциалов церия и изменения свободной энергии Гиббса образования трихлорида церия из компонентов в расплаве эвтектической смеси хлоридов лития, калия и цезия.

1. A. S. Dedyukhin, A. V. Shchetinskiy, E. A. Kharina, I. E. Shchepin, V. A. Volkovich, L. F. Yamshchikov, and A. G. Osipenko, “Electrochemical and thermodynamic properties of lanthanum in a chloride melt - Liquid metal system”, ECS Trans, 2016, 75 (15), 265-274.
2. Е. А. Харина, Р. Ю. Кайченкова, А. С. Дедюхин, А. В. Щетинский, Л. Ф. Ямщиков, В. А. Волкович, “Термодинамика хлоридов редкоземельных металлов в расплавах на основе эвтектической смеси хлоридов лития, калия и цезия”, Расплавы, 2019, № 2, с. 105-155.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИТРОБЕНЗОЛА В МЕДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕКЛОУГЛЕРОДНОГО ЭЛЕКТРОДА, МОДИФИЦИРОВАННОГО УНТ И ПРОИЗВОДНЫМИ 1,3-/1,4-ДИАЗИНОВ

Матяшева В.С. [1], Сайгушкина А.А[1], Вербицкий Е.В.[1],
Русинов Г.Л.1, Свалова Т.С.1, Козицина А.Н.1
[1)] Уральский Федеральный Университет ,г.Екатеринбург
[2)] Институт органического синтеза , им. И.Я.Постовского УрОРАН ,г. Екатеринбург
E-mail: matyashevav99@mail.ru

ELECTROCHEMICAL DETERMINATION OF NITROBENZENE IN HONEY SAMPLES ON A GLASS-CARBON ELECTRODE MODIFIED WITH CNT AND DERIVATIVES OF 1,3- / 1,4-DIAZINES

Matyasheva V.S. [1], Saygushkina A.A. [1], Verbitsky E.V. [1],
Rusinov G.L.1, Svalova T.S1, Kozitsina A.N.1
[1)] Ural Federal University , Yekaterinburg
[2)] I.Y.Postovsky Institute of Organic Synthesis ,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

In this work, the effect of modification of a glassy carbon electrode with CNTs and 1,3-1,4-diazine derivatives on the electrochemical reduction of nitrobenzene was investigated.

Одним из самых дешевый и эффективных методов фумигации ульев является использование паров нитробензола. Однако такой способ борьбы с насекомыми может привести к попаданию в мед опасного для здоровья человека высоко канцерогенного вещества нитробензола. В связи с этим, необходимость обнаружения канцерогена на стадии оценки качества продуктов пчеловодства является особо актуальной задачей. Для ее решения целесообразнее использовать электрохимические методы анализа, зарекомендовавшие себя как высокоэффективные, простые и дешевые способы количественного определения в сложных матрицах.

Целью настоящей работы являлось исследование возможности применения стеклоуглеродного электрода, модифицированного углеродными нанотрубками

(УНТ) и производными 1,3-/1,4-диазина, синтезированным сотрудниками ИОС УрО РАН [1], для определения нитробензола в меде.

В ходе проведенных экспериментов было установлено, что создание рецепторного слоя на поверхности электрода из производных1,4-диазина с включенными фрагментами карбазольных звеньев обеспечивает специфичное взаимодействие с нитробензолом,за счет нековалентного взаимодействия (π–π стэкинга) между ароматическими кольцами, содержащими сопряженные π–орбитали.Использование данного рецептора позволило повысить чувствительность определения нитробензола в анализируемых пробах меда.Дополнительное включение УНТ в модификацию электрода снизило электрическое сопротивление и увеличило удельную поверхность электрода. Благодаря чему, удалось создать прототип электрохимического сенсора на определения нитробензола в меде с пределом обнаружения 2.57 мкМ и чувствительностью 0,124 мкА/мкМ.

1. VerbitskiyE.V., BaranovaA. A., LugovikK. I., etal. Anal. Bioanal. Chem., 2016, Vol. 408, Issue 15, P. 4093-4101.

ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ ФТОРИРОВАНИЕ ОКИСЛЕННОГО ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Медянкина И.С. [1], Нездоймина Н.М. [2], Пасечник Л.А. [1]
[1)] ФГБУН Институт химии твердого тела УрО РАН, Екатеринбург, Россия
[2)] ФГАОУ ВПО Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
E-mail: lysira90@mail.ru

HYDROCHEMICAL FLUORINATION OF OXIDIZED TECHNOGENIC WASTE

Mediankina I.S. [1], Nezdoymina N.M. [2], Pasechnik L.A. [1]
[1)] Institute of Solid State Chemistry, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The hydrochemical fluorination of technogenic waste for selective extraction of silicon were carried out. Data on the extraction of silica depending on the process time and the amount of reagent were obtained. What is the reason for the presence of impurities in the obtained samples was analyzed.

Исследования показывают [1-3], что использование фторидов аммония может способствовать активному вскрытию минерального сырья с получением высококачественных целевых продуктов, в том числе кремнезема. Интерес представляет изучение возможности применения водного раствора гидрофторида аммония для переработки хвостов мокрой магнитной сепарации (ХММС) после обогащения

титаномагнетитовой руды, содержащий более 50% SiO_2. Для практического применения гидрофторидного метода необходимы сведения о кинетике процесса фторирования с выбором оптимальных параметров получения наноразмерного SiO_2.

В результате проведения гидрохимического процесса фторирования раствором NH_4HF_2 при различных концентрациях (1-25мас%) и температуре до 100ºС создается возможность гетерогенных взаимодействий с образованием простых фторидов и аммонийных гексафторометаллатов. Кристаллическая структура входящего в состав ХММС SiO_2 меняется до аморфной. Получаемый при последующем гидролитическом разложении растворов 1-2 мас% NH_4HF_2 кремнезем характеризуется малым размером частиц, развитой поверхностью, обладает высокими гидрофобными свойствами. При использовании 25мас% NH_4HF_2 наблюдается растворение не только кремния в виде фторосиликата аммония (ГФСА), но и до 2г/л Fe так же в виде фторидного комплекса.

Влияние продолжительности фторирования ХММС водными растворами гидрофторида аммония с исходной концентрацией 1,2 и 2,3 мас% на степень извлечения кремния показано на рисунке 1. Степень извлечения кремния в раствор оценена по массе продукта гидролиза в виде SiO_2.

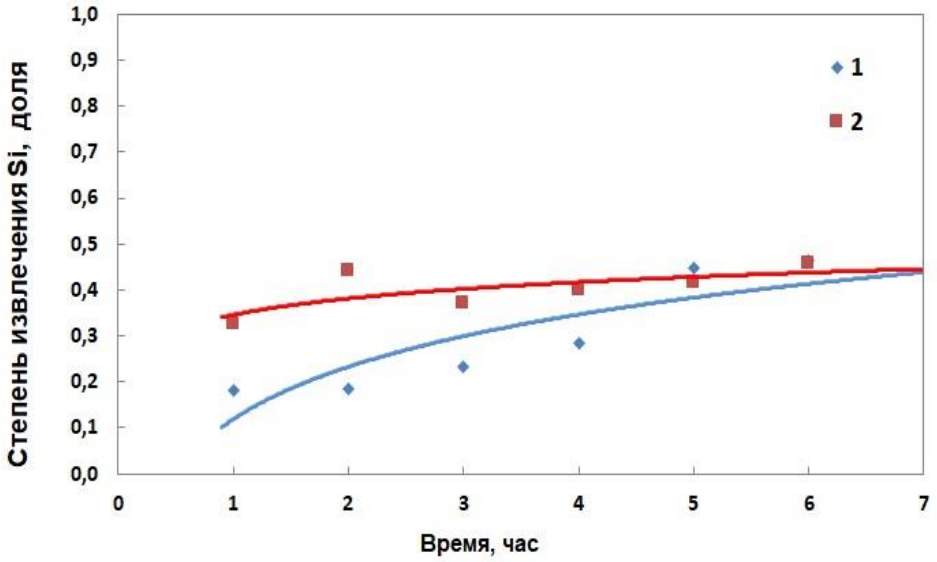


Рис. 1. Извлечение кремния из ХММС при гидрохимической переработке при 100°С растворами гидрофторида аммония с концентрацией: 1 – 1,2 мас.%; 2 – 2,3 мас%

Увеличение продолжительности процесса при недостатке NH_4HF_2 (1-2 мас%) имеет не значительное влияние на выход кремния, в то время как количество одновременно перешедших в раствор примесей возрастает. Увеличение концентрации NH_4HF_2 также приводит более массовому переходу растворимых примесей в кремнийсодержащий раствор и, соответственно, в конечные продукты – кремнезем и ГФСА, а также способствует увеличению нецелесообразного оборота реагентов. Повышение температуры более рекомендуемого интервала – 80-100˚С ведет к интенсивному испарению раствора. При комнатной температуре

образование комплекса ГФСА характеризуется длительным индукционным периодом. В то же время длительная выдержка в заданном интервале температур более 3 часов не способствует увеличению степени извлечения SiO_2.

1. A.N. D'yachenko, A.A. Andreev, A.S. Buinovskii, and R.I. Kraidenko. Refractories and industrial ceramics. 47, 146-148 (2006).
2. Irina S. Medyankina, and Liliya A. Pasechnik. AIP Conference Proceedings 2313. 050020 (2020)
3. V.S. Rimkevich, I.V. Girenko, A.A. Pushkin, Russian journal of applied chemistry 86, 1470-1477 (2013).

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ В МИЦЕЛЛЯРНОЙ ФАЗЕ ПОСЛЕ ИНТЕРКАЛЯЦИИ СЛОИСТЫХ ГИДРОКСИДОВ

Меркучева К.А. [1], Данилов Д.А. [1], Гордеев Е.В. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: merkucheva_k@mail.ru

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETERMINING SODIUM DODECYL SULFATE IN THE MICELLAR PHASE AFTER INTERCALATION OF LAYERED HYDROXIDES

Merkucheva K.A. [1], Danilov D.A. [1], Gordeev E.V. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A method for determining sodium dodecyl sulfate (10 g/dm3 to 50 g/dm3) in micellar phases in intercalator solution after anion exchange by spectrophotometric method using Sudan III was developed. The influence of the acidity of the medium and the salt background was investigated.

Слоистые гидроксиды редкоземельных элементов (СГРЗЭ) – это новый класс слоистых соединений, открытый в 2006 году [1]. Одним из важнейших применений слоистых гидроксидов можно назвать получение люминесцентных пленок. Самым распространенным методом получения плёночных материалов из СЛГРЗЭ является интеркаляция большими органическими молекулами с последующей эксфолиацией в различных средах с получением устойчивой коллоидной суспензии.

Для технологического процесса получения люминесцентных пленок с помощью интеркаляции следует определить оптимальные условия увеличения межслоевого пространства. Для этого необходимо оценить глубину протекания интеркаляции по содержанию додецилсульфата натрия в порошке.

Благодаря внедрению большого органического аниона в межслоевого пространства СГРЗЭ оно значительно увеличивается, что ослабляет взаимодействие гидроксидных слоёв друг с другом, а это в свою очередь приводит к образованию множества одинарных пластин из многоуровневых слоистых пакетов.

Важное свойство додецилсульфата заключается в том, что его молекулы склонны к образованию агрегатов — так называемых мицелл. При концентрации додецилсульфата большей критической концентрации мицеллообразования происходит увеличение светорассеяния и уменьшение коэффициента самодиффузии, что указывает нам на перестройку системы из молекулярного раствора к системе, в которой молекулы поверхностно активного вещества в большей степени оказываются в самоорганизованном состоянии. Образуются агрегаты, которые часто имеют сферическую форму [2]. За счет мицелообразования увеличивается межслойное пространство, которое облегчает процесс расслоения [3].

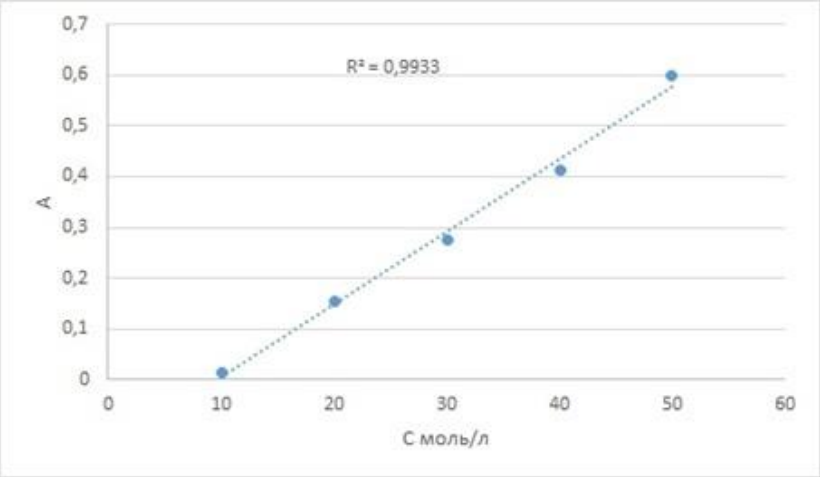


Рис. 1. Зависимость оптической плотности (530 нм) от концентрации ДДС

В настоящее время существуют методики определения додецилсульфата для относительно невысоких концентраций от 0,015 мг/дм^3 до 2 мг/дм^3[4]. Поэтому, актуальной научной проблемой является, разработка метода анализа для определения больших содержаний додецилсульфат-ионов (от 10 г/дм^3 до 50 г/дм^3).

Поскольку объектом анализа являются слоистые гидроксиды после интеркаляции, поступающие на анализ после пробоподготовки растворы имеют сложный состав. Влияние кислотности и солевого фона на результаты анализа также представляют интерес.

Для получения растворов с известным содержанием ПАВ в мерные колбы помещали навески додецилсульфата натрия 0,25г; 0,5г; 0,75г; 1г; 1,25г. С помощью дозатора добавляют 5 мл спиртового раствора 2,5 М красителя Судан III и 2,5 мл 0,2 М раствора нитрата аммония.

Спектры поглощения растворов получали на спектрофотометре Lambda 35 при следующих условиях: спектральный диапазон - 190-1000 нм, спектральная ширина щели - 1 нм. Полученная зависимость абсорбции при 530 нм от концентрации аналита представлена на рисунке 1.

Было установлено, что при уменьшении pH оптическая плотность уменьшается. Это связанно с протонированием ионов додецилсульфата и разрушением мицеллярной фазы.

1. F. Gándara, J. Perles, N. Snejko, M. Iglesias, B. Gómez-Lor, E. Gutiérrez-Puebla and M. Á. Monge, Angewandte Chemie International Edition, Soc. 45, Iss. 47, 7998-8001 (2006).
2. Холмберг К., Йёнссон Б., Кронберг Б., Линдман Б. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах. // М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2007. 528 с.
3. Гордеев Е.В., Машковцев М.А., Алешин Д.К., Буйначев С.В., Жиренкина Н.В., Бакшеев Е.О., Данилов Д.А. . Синтез тонких прозрачных оксидных пленок (Y0. 95Eu0. 05) 2O3 из слоистых гидроксидов редкоземельных элементов, полученных соосаждением при постоянном значении pH // Материалы конференции AIP. - ООО «АИП Паблишинг», 2019. - Т. 2174. - №. 1. - С. 020020.
4. ГОСТ 31857-2012 Вода питьевая. Методы определения содержания поверхностно-активных веществ.

АНАЛИЗ ИОННЫХ РАВНОВЕСИЙ И ХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ПЛЕНОК PbS:Co В СИСТЕМЕ «$PbAc_2$ – $CoCl_2$ – Na_3Cit – NH_4OH – CH_4N_2S»

Михайлова А. И. [1], Поздин А. В. [1], Маскаева Л. Н. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: mih_aleksa@mail.ru

ANALYSIS OF IONIC EQUILIBRIUM AND CHEMICAL DEPOSITION OF PbS:Co FILMS IN THE SYSTEM «$PbAc_2$ – $CoCl_2$ – Na_3Cit – NH_4OH – CH_4N_2S»

Mikhailova A. I. [1], Pozdin A. V. [1], Maskaeva L. N. [1]
[1)] Ural Federal University (named after the first President of Russia B.N. Yeltsin), Ekaterinburg, Russia

The boundary conditions for the formation of solid phases PbS and CoS are calculated. Thin films of PbS doped with cobalt were obtained by chemical precipitation from aqueous media. The thickness of the thin films ranged from 380 to 450 nm.

Сульфид свинца − узкозонный полупроводник типа AIVBVI с шириной запрещенной зоны ~ 0.41 эВ, применяется во многих областях науки и техники. Ранее в работе [1] отмечалось, что при введении соли кобальта в реакционную смесь, пленка PbS начинает проявлять магнитные свойства.

Поэтому настоящая работа посвящена анализу ионных равновесий и химическому осаждению пленок PbS:Co в системе «$PbAc_2$ – $CoCl_2$ – Na_3Cit – NH_4OH – CH_4N_2S». Оценка концентрационной области возможного образования твердого раствора $Co_xPb_{1-x}S$ в координатах “pCн – pH - [L] PbS” от цитрат-ионов (а) и аммиака (б), проведенная по методике, предложенной в [2], приведена на рисунке.

Расчеты показали, что благоприятная область формирования твердого раствора $Co_xPb_{1-x}S$ расположена ниже плоскостей PbS или CoS при pH 9 – 14 (а) и 8 – 14 (б).

Химическое осаждение пленок PbS:Co проводили на обезжиренные стеклянные подложки при концентрациях $CoCl_2$ от 0.001 до 0.02 моль/л. В качестве примера показаны микрофотографии пленок PbS (в) и PbS:Co, полученной при концентрации $CoCl_2$ в реакторе, равной 0.02 М (г). Нелегированные слои PbS состоят из зерен неправильной формы со сглаженной огранкой, размер которых находится в диапазоне ~100-300 нм. Для пленки, легированной кобальтом, наблюдается формирование более однородной структуры кристаллитов кубической огранки и укрупнение некоторых агрегатов, на которых возникает вторичное зарождение и рост возникших зерен.

Следует ожидать, что установленные различия в морфологии пленок PbS и PbS:Co окажут влияние и на их функциональные свойства, особенно на магнитные.

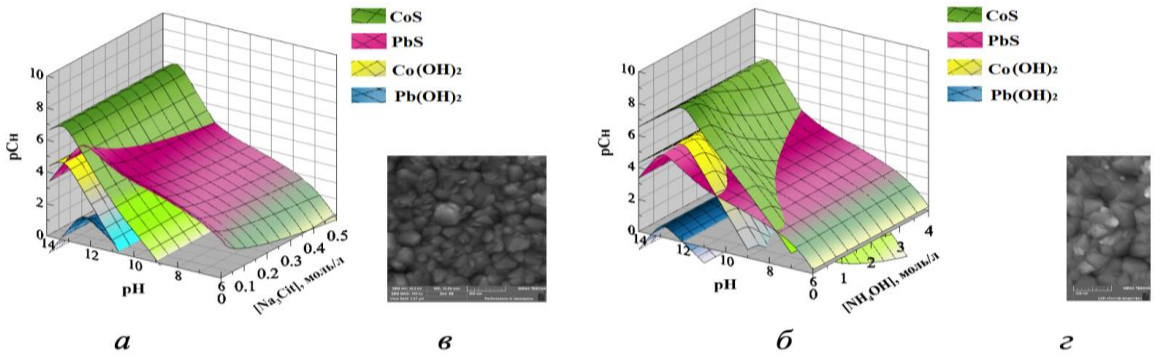


Рис. Граничные условия образования твердых фаз PbS, CoS, $Pb(OH)_2$, $Co(OH)_2$ в системе «$PbAc_2$ – $CoCl_2$ – Na_3Cit – NH_4OH – CH_4N_2S» от pH среды и концентрации лигандов: цитрат-ионов (а) и аммиака (б). Микрофотографии пленок PbS (в) и PbS:Co, полученной при концентрации CoCl2 в реакторе, равной 0.02 моль/л

1. TG–DTA analysis, structural, optical and magnetic properties of PbS thin films doped with Co2+ ions / S. Ravishankar [и др.]
2. Маскаева Л.Н. Гидрохимическое осаждение тонких пленок халькогенидов металлов: учебник / Л.Н. Маскаева [и др.]. – Екатеринбург: Урал. ун-та, 2017. – 284 с.

ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ZrO_2-Y_2O_3-Gd_2O_3 И ZrO_2-Y_2O_3-Yb_2O_3

Митюшова Ю.А. [1], Прыжновская В.А. [1], Султанова Д.Т. [1], Денисова О.В. [1], Денисова Э.И. [1], Карташов В.В. [1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: mityushova_yulia@mail.ru

PRODUCTION OF ELECTRICALLY CONDUCTIVE CERAMICS BASED ON ZIRCONIUM DIOXIDE ZrO_2-Y_2O_3-Gd_2O_3 AND ZrO_2-Y_2O_3-Yb_2O_3

Mityushova Y.A. [1], Pryzhnovskaya V.A. [1], Sultanova D.T. [1], Denisova O.V. [1], Denisova E.I. [1], Kartashov V.V. [1]

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

A series of ZrO_2-Y_2O_3-Gd_2O_3 and ZrO_2-Y_2O_3-Yb_2O_3 powders with different content of stabilizing additives has been obtained. The powders are intended for the manufacture of ceramic samples and the study of their electrical conductive properties.

Керамические материалы находят все большее применение в инженерных областях благодаря своим превосходным физическим и механическим характеристикам. Оксидные системы на основе циркония, стабилизированного различными добавками, а именно катионами с более низкой валентностью (Ca^{2+}, Y^{3+}) долгое время считались хорошими проводниками ионов кислорода. Для функциональных применений в керамике, легированной одним стабилизатором, необходимо большое количество легирующей добавки, поэтому представляет интерес изучить свойства материала на основе ZrO_2 с более низким содержанием стабилизатора [1].

В настоящей работе рассматривались физико-химические свойства порошков ZrO_2-Y_2O_3-Gd_2O_3 и ZrO_2-Y_2O_3-Yb_2O_3. Содержание Y_2O_3 составляло 1 и 2 мол.%, а Gd_2O_3 и Yb_2O_3 варьировалось от 1 до 4. Порошки получали методом обратного соосаждения из азотнокислых растворов с последующим прокаливанием при 800 °С в течение 1 ч [2].

Методом лазерной дифракции на анализаторе ANALYSETTE 22 NanoTec plus определили гранулометрический состав порошков. Результаты показали, что почти 90 % составила фракция 25-45 мкм. Данный диапазон является оптимальным для получения плотного, без разрывов и микротрещин керамического материала.

Из порошков холодным изостатическим прессованием при давлении 245 МПа получали керамические образцы-таблетки, которые спекали в воздушной атмосфере при 1400 °С в течение 4 ч [3].

Рентгенофазовый анализ керамических образцов показал, что все они состояли из высокотемпературной кубической фазы (рис 1).

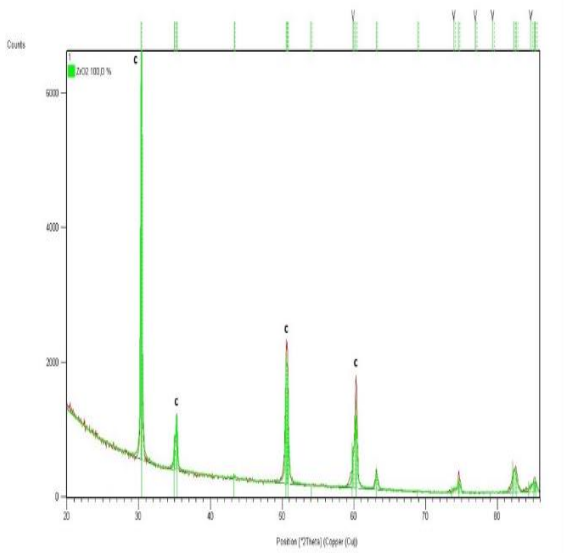


Рис. 1. Дифрактограмма керамического образца состава ZrO_2-1 мол.% Y_2O_3-4 мол.% Gd_2O_3

В дальнейшем планируется изучить электропроводящие свойства полученных керамических образцов в зависимости от вида и количества стабилизирующего оксида.

1. Preparation and conductivity of Yb2O3–Y2O3 and Gd2O3–Y2O3 co-doped zirconia ceramics, Yanmei Kan , Songli Li , Peiling Wang , Guo-Jun Zhang , Omer Van der Biest , Jef Vleugels, Solid State Ionics 179, 1531–1534, (2008)
2. Determination of properties zirconia based ceramics, Mityushova Y.A., Yushchenko A.K. ,Sultanova D.T., Rozhdestvenskaya A.V., Khoroshavtseva N.V., Denisova E.I., Kartashov V.V., Chukin A.V., Shak A.V., AIP Conference Proceedings, 2174, (2019)
3. ВЛИЯНИЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ZrO2, Митюшова Ю.А., Красиков С.А., Марков А.А., Денисова Э.И., Карташов В.В., Бутлеровские сообщения, 58, 5, (2019)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ИОНОСЕЛЕКТИВНОЙ ОЧИСТКИ ЖРО

Морданов С.В. [1], Ташлыков О.Л. [1], Бессонов И.А. [1], Чалпанов С.В. [1], Хомяков А.П. [1], Ремез В.П. [2]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] НПП «ЭКСОРБ», г. Екатеринбург, Россия
E-mail: s.v.mordanov@urfu.ru

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE LRW ION-SELECTIVE TREATMENT SORBENTS HYDRAULIC RESISTANCE

Mordanov S.V. [1], Tashlykov O.L. [1], Bessonov I.A. [1] Chalpanov S.V. [1], Khomyakov A.P. [1], Remez V.P. [2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Scientific Production Enterprise EKSORB, Yekaterinburg, Russia

The technique and methodology for experimental research of packed equipment are presented. The results of the LRW ion-selective treatment sorbents layer specific hydraulic resistance experimental measurements are shown.

Представлен краткий обзор классических инженерных и современных вычислительных методов расчета оборудования с уплотненным слоем: сорбционных колонн, насыпных фильтров, различного оборудования насадочного типа. Определены характеристики уплотненных слоев необходимые для расчета технологического оборудования с использованием методик, основанных на уравнениях Дарси-Форххаймера. Показано, что данные характеристики могут быть получены экспериментально или быть рассчитаны с использованием классических инженерных методик (уравнения Эргуна [1]).

Представлен краткий обзор результатов выполненных ранее исследований по определению гидродинамических параметров ионоселективных сорбентов НПП «Эксорб», предназначенных для сорбционной очистки жидких радиоактивных отходов (ЖРО).

Представлены техника и методика экспериментальных исследований на лабораторной установке для изучения гидравлического сопротивления ионообменных смол и ионоселективных сорбентов. Приведены основные изменения модернизированной установки по сравнению с использовавшейся ранее авторами установкой [2]. Показано влияние данных изменений на технику и методику экспериментальных исследований.

Представлены результаты оценки полной погрешности измерения (и расчета на основе результатов измерений) гидравлического сопротивления слоя ионоселективного сорбента и удельного коэффициента гидравлического сопротивления уплотненного слоя сорбента.

Представлены результаты измерений удельного гидравлического сопротивления ионоселективных сорбентов НПП «Эксорб» для обработки ЖРО [3], для которых ранее удельное гидравлическое сопротивление определяли расчетным путем с использованием уравнения Эргуна. Приведены аппроксимирующие уравнения, полученные в результате обработки экспериментальных данных.

Показаны результаты сравнения расчетных и экспериментальных гидравлических характеристик рассмотренных ионоселективных сорбентов для обработки ЖРО. Выполнена оценка адекватности методики расчета гидравлического сопротивления на основе использования уравнения Эргуна для слоев с частицами неправильной формы и относительно большой дисперсией размеров частиц.

Определены дальнейшие направления исследований и возможность применения полученных на данный момент результатов в практических целях: для проектирования нового и модернизации существующего сорбционного оборудования.

1. S. V. Ergun, Chemical Engineering Progress, 48, 89-94 (1952).
2. A. P. Khomyakov, S. V. Mordanov, A. S. Lavrov and D. I. Grinyov, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 862, 062020 (2020).
3. V. P. Remez, O. L. Tashlykov, S. E. Shcheklein et al., Yadernaya fizika i inzhiniring, Is. 2, Vol. 48, 129-137 (2016).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ РЕАКТОРА ТВЕРДОСОРБЕНТНОЙ СЕРООЧИСТКИ СИНТЕЗ-ГАЗА

Морозов Я.О. [1], Жижина У.В. [1], Каграманов Ю.А. [1], Тупоногов В.Г. [1]
[1)] Уральский Федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: uly-zhh@mail.ru

MODELING OF HYDRODYNAMICS OF A SYNGAS SOLID-SORBENT DESULFURIZATION REACTOR

Morozov Y. O. [1], Zhizhina U. V. [1], Kagramanov Y. A. [1], Tuponogov V. G. [1]
[1)] Ural Federal University

In this paper, the hydrodynamics of a solid-sorbent synthesis gas desulfurization reactor is simulated. A summary graph of the hydrodynamics of the process by reactor height is constructed, showing the velocities of the solid and gaseous phases, as well as the volume fraction of the solid phase.

Сухая теплая сероочистка синтез—газа (WGC) осуществляется в реакторе с циркуляционным псевдоожиженным слоем и повышает эффективность парогазового цикла (IGCC) [1] при одновременном уменьшении капитальных и эксплуатационных затрат [2].

Расчет технологических режимов сероочистки начинается с гидродинамических параметров, которые определяют концентрации и скорости частиц по объему реактора и время их пребывания в реакционной зоне. На основе этих данных выполняется расчет гетерогенных химических реакций восстановления и окисления твердых частиц сорбента. Для расчётов использовалась программа ANSYS Fluent.

Были проведены расчеты при различных режимах работы модели, менялись скорость, масса слоя и материал. На основе результатов были построены зависимости по высоте реактора.

Концентрация твердой фазы показала монотонное убывание по высоте подъемной шахты. До отметки в один метр различия между режимами не наблюдается, так как масса слоя неизменна. После этой отметки начинает усиливаться вклад нисходящих потоков, твердая фаза осыпается в десять раз интенсивнее при скорости 3,75 м/с в сравнении с режимом со скоростью 6,3 м/с. Увеличение массы слоя приводит к поднятию уровня концентрации без изменения наклона кривой. Изменение массы слоя также не изменило монотонность убывания концентрации.

Влияние материала аналогично массе слоя не вносит корректировок в форму кривой концентрации, меняя лишь ее уровень. Уровень кривой концентрации песка выше уровня кривой анионита, пропорционально разнице плотностей. Аналогичная ситуация наблюдается и с удельным массовым расходом твердой фазы.

Скорость газа максимальна на оси и минимальна (равна нулю) на стенке. Снижение скорости приводит к возникновению нисходящего потока сорбента вблизи

стенки, она распределяется неравномерно, и имеет экстремум. У стенки направление скорости отрицательно, но ввиду отсутствия сопротивления со стороны газа, по модулю скорость твердой фазы максимальна. Вблизи стенки наблюдается скачек концентрации твердой фазы, кольцевое уплотнение, характерное для дисперсного потока.

Для построения графика были взяты параметры модели реактора по [2]. Расчетные данные согласуются с расчетными данными [2], которые отличаются не более чем на 5% от экспериментальных. Поток газа подавался через все сечение трубы, за счет чего скорость твердой фазы, рис. 1, кривая (б), незначительно (овалом выделена область ускорения частиц) отличалась от скорости газообразной фазы, кривая (а). Разница в скоростях получается из-за большей инерции частиц, которым требуется какое-то время, чтобы разогнаться.

Объемная доля твердой фазы, кривая (в), незначительно меняется по высоте реактора, минимальное значение наблюдается на высоте 0,4 м, а максимальное – на отметке 0,16 м.

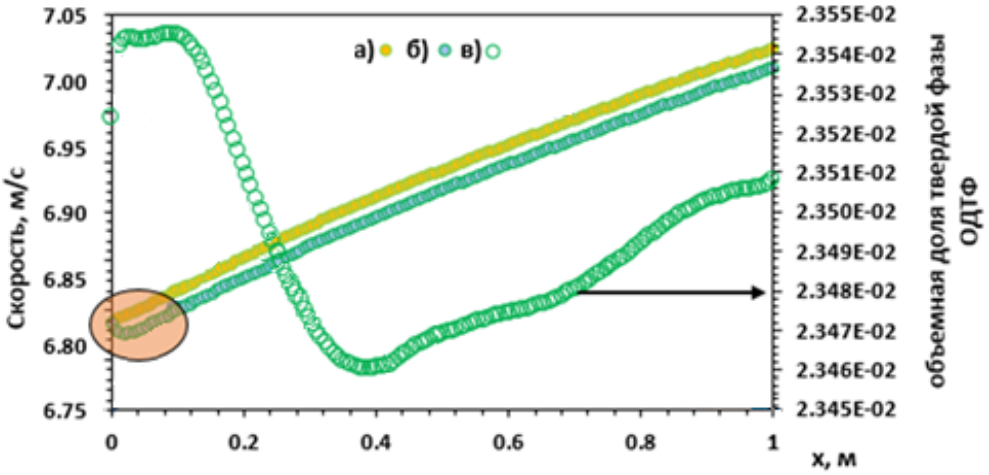


Рис. 1. Сводный график гидродинамики процесса сероочистки синтез-газа

Результаты показывают адекватность расчетной модели и совпадение с результатами экспериментов [3].

1. Abaimov, N. Development of advanced air-blown entrained-flow two-stage bituminous coal IGCC gasifier. EPJ Web of Conferences. (159), 2017, 1-5
2. Monazam, E. Fuel Gas Clean-up in a Transport Reactor: Model Development and Analysis. 18th International Conference on Fluidized Bed Combustion, May 22-25, 2005, Toronto, Canada
3. Ryabov, G.A., Folomeev, O.M., Sankin, D.A., Hydrodynamics of interconnected reactors for polygeneration systems and chemical looping combustion and gasification. JP Journal of Heat and Mass Transfer 13(1), 2016, 1-22

КАСКАДНЫЙ ТЕПЛОВОЙ АККУМУЛЯТОР ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА

Моржухин А.М. [1], Моржухина С.В. [1], Тестов Д.С. [1]
[1)] Государственный университет "Дубна", г. Дубна, Россия
E-mail: morzhukhin92@yandex.ru

THE CASCADE PHASE CHANGE HEATING STORAGE

Morzhukhin A.M. [1], Morzhukhina S.V. [1], Testov D.S. [1]
[1)] Dubna State University, Dubna, Russia

This paper discusses the prospects for using a cascade phase change heating storage tank to reduce heat losses and increase efficiency during the operation of space heating and domestic hot water.

На сегодняшний день мировое сообщество, разрабатывающее системы хранения тепла, ищет способ дешевого и эффективного аккумулирования тепловой энергии [1]. С учетом роста цен на энергоносители это является перспективным направлением [2]. Около 56% энергетических потребностей жилого дома [3] и в промышленности [4] составляют тепловые нагрузки. На эффективность работы систем отопления сказываются тепловые потери во время переноса и невозможность надолго сохранять тепло. Большинство систем работают на постоянное поддержание заданных температур, тем самым непрерывно расходуя энергоресурс.

Авторы предлагают решение, которое направлено на сокращение тепловых потерь в системах отопления зданий и помещений, за счет внедрения малогабаритного теплового аккумулятора с несколькими фазопереходными накопительными материалами. Основной задачей является сокращение объемов систем запасания тепла, увеличение эффективности и уменьшение тепловых потерь во время простоя теплового аккумулятора. На сегодняшний день этого можно добиться, если вместо воды в качестве энергонакопителя использовать фазопереходные материалы с температурами плавления в диапазоне от 30 до 80 градусов Цельсия. Из-за повышенной эффективности такие системы целесообразно применять с традиционными котлами, особенно с электрическими, с системой оплаты по двойному тарифу. Тем самым значительно уменьшить первоначальные вложения в систему отопления, а также снижая расходы при эксплуатации. Кроме этого, применение каскадной системы позволяет эффективно улучшить однородность процесса теплопередачи. При этом можно регулировать одинаковую разницу температур теплопередачи во всей системе, что выгодно для улучшения эффективности общего теплообмена.

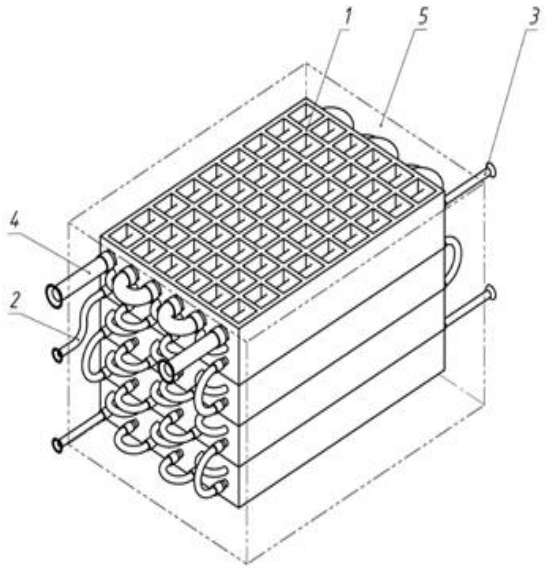


Рис. 1. Сборочный чертеж каскадного теплового аккумулятора фазового перехода. Где: 1- ячейка для теплоаккумулирующего материала; 2- внутренний теплообменный контур; 3- внешний контур источника тепла; 4 -выходной контур; 5- теплоизоляционная защита

Тепловой аккумулятор представляет собой многослойную емкость с различными фазопереходными материалами, подключенных последовательно. Каждый слой со своим материалом отвечает за свой температурный диапазон. Это позволяет значительно увеличить время разрядки теплового аккумулятора. Дополнительным преимуществом является модульность продукта. Возможно собрать комбинацию необходимую под конкретную задачу.

Так как большое количество тепла накапливается в процессе плавления вещества, стало возможным значительно сократить общий объем устройства до 50 литров для площади 250-300 квадратных метров. Для примера, стандартное решение в виде водяного буфера начинается от 1000 литров. Предлагаемых тепловой аккумулятор можно разместить в любом помещении и с любым источником тепла.

При малых габаритах устройства основную стоимость занимают теплоаккумулирующие материалы. В проекте специально закладывалось применение дешевых и доступных материалов. Предлагаемые материалы сейчас используются для удобрения полей, что говорит об их массовой доступности и экологической безопасности. А оптовая стоимость исходного сырья составляет 25 000 рублей за тонну.

Авторы выражают благодарность Правительству Московской области за финансирование проекта в рамках гранта Губернатора Московской области по договору №33 от 24.07.2020.

1. Righetti G. , Experimental study of phase change material (PCM) embedded in 3D periodic structures realized via additive manufacturing. International Journal of Thermal Sciences.(2020) 153, 106376

2. Jia R., Enhanced thermal performance of form-stable composite phase-change materials supported by novel porous carbon spheres for thermal energy storage. Journal of Energy Storage.(2020) 27, 101134
3. European technology platform on renewable heating and cooling. (2013). Strategic research and innovation agenda for renewable heating & cooling.
4. Crespo A. ,Latent thermal energy storage for solar process heat applications at medium-high temperatures – A review. Solar Energy. (2019) 192, 3-34.

ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ УРАНА ИЗ ТВЕРДЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ РАСТВОРАМИ СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ

Наливайко К.А. [1], Муравлева А.М. [1], Евдокимов И.В. [1], Скрипченко С.Ю. [1], Яковлева О.В. [1], Абдрахманова А.К. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: k.a.nalivaiko@urfu.ru

LEACHING OF URANIUM FROM SOLID RADIOACTIVE WASTE BY HYDROCHLORIC ACID SOLUTIONS

Nalivaiko K.A. [1], Muravleva A.M. [1], Evdokimov I.V. [1], Skripchenko S.Yu. [1], Yakovleva O.V. [1], Abdrahmanova A.K. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The maximum degree of uranium extraction of 99% was obtained by HCl an excess concentration of more than 74 gL^{-1}, the uranium content in the PR is 255 mgL^{-1}. According to the results of XRD, the insoluble residue of leaching consists of $CaSO_4*2H_2O$ 62-84%, CaF_2 10-31%, graphite 3-7% and SiO_2 1-5%.

В процессе работы предприятий, осуществляющих переработку и аффинаж соединений урана, происходит образование и накопление твердых радиоактивных отходов, содержание урана в которых оценивается на уровне 0,1 масс.% (в пересчете на сухой продукт). Для переработки накопленных шламов наиболее приемлемым способом считается выщелачивание растворами кислот.

В данной работе представлены результаты выщелачивания урана из шлама (0,093% U) растворами соляной кислоты с концентрацией 42-160 г/дм^3. Результаты предыдущих исследований показали, что шлам преимущественно состоит из $CaSO_4 \cdot 2H2O$ (45-50%), $CaCO_3$ (22-30%) и CaF_2 (10-15%) [1]. Процесс выщелачивания проводили при Т:Ж = 1:4, в интервале температур 20-80 °С и при постоянном перемешивании (300 об/мин).

Согласно результатам исследований, с увеличением температуры процесса и избыточной концентрации соляной кислоты в выщелачивающем растворе степень извлечения урана из шлама возрастает. Выщелачивание растворами соляной

кислоты (42-160 г/дм^3) при комнатной температуре обеспечивает степень извлечения урана из шлама 65-77%. Содержание урана в продуктивном растворе (ПР) составляет не более 179 мг/дм^3.

Проведение процесса выщелачивания урана из шлама при избыточном содержании HCl свыше 74 г/дм^3 и температуре 80 °С обеспечивает степень извлечения урана 96-99%. При этом его содержание в ПР составляет порядка 255 мг/дм^3, а расход соляной кислоты – 266-362 кг/т сухого осадка.

Метод выщелачивания урана из шлама с применением соляной кислоты из-за высокой химической активности реагента по отношению к основным компонентам шлама, включая гипс, характеризуется низкой селективностью. При этом содержание примесных элементов в ПР увеличивается с ростом температуры и концентрации соляной кислоты. При высокотемпературном выщелачивании крепкими растворами соляной кислоты степень извлечения Mg, Fe, Al, Mn, Cr, Ni составляет 90-98%. Кроме того, в ПР переходит 66% Ca, 77% F и 60% Si, также из шлама извлекается 80-90% Na, K и Zr. Таким образом, в результате выщелачивания в ПР содержится 1-2 г/дм^3 Mg и Fe, до 5 г/дм^3 фтора, около 50 г/дм^3 хлорида кальция.

Согласно результатам рентгенофазового анализа (РФА), нерастворимый остаток выщелачивания урана из шлама с применением соляной кислоты состоит из $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (62-84%), CaF_2 (10-31%), графита 2,5-6,5%) и SiO_2 двух модификаций (суммарно 1-5%). Результаты РФА подтвердили, что с ростом концентрации выщелачивающего агента и температуры ведения процесса увеличивается степень растворения гипса, оксида кремния и фторида кальция.

Таким образом, метод выщелачивания урана из шлама с применением соляной кислоты характеризуется высокой степенью извлечения целевого металла. Однако наблюдается низкое содержание урана в солевой части ПР. Кроме того, высокое содержание в ПР фторид- и хлорид-ионов, являющихся крайне коррозионно-активными элементами, накладывает дополнительные ограничения на конструкционные материалы, используемые для изготовления оборудования всей технологической цепочки.

1. V. N. Rychkov, K. A. Nalivayko, S. M. Titova and S. Yu. Skripchenko, AIP Conf. Proc. 2313, 050021 (2020).

СОРБЦИОННАЯ ПЕРЕРАБОТКА ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ СЕРНОКИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА ИЗ ШЛАМА

Наливайко К.А. [1], Муравлева А.М. [1], Евдокимов И.В. [1],
Титова С.М. [1], Яковлева О.В. [1], Абдрахманова А.К. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: k.a.nalivaiko@urfu.ru

SORPTION PROCESSING OF PRODUCTIVE SOLUTIONS OBTAINED BY SULFURIC ACID LEACHING OF URANIUM FROM SLUDGE

Nalivaiko K.A. [1], Muravleva A.M. [1], Evdokimov I.V. [1],
Titova S.M. [1], Yakovleva O.V. [1], Abdrahmanova A.K. [1]
[1)] Ural Federal University

Uranium sorption has carried out in a dynamic mode using the Purolite A660/4759 anionite; the total dynamic exchange capacity for uranium was 17.9 kg/m3. The mass fraction of uranium in the concentrate obtained after precipitation with ammonia from the commercial regenerate was 68.54%.

Переработка первичных концентратов урана неизбежно ведет к образованию твердых радиоактивных отходов. На промышленных площадках в результате их многолетней работы скопились большие объемы шлама, который может быть потенциальным источником урана для атомной промышленности. Поэтому в настоящее время разрабатываются варианты его переработки с целью извлечения урана из твердых радиоактивных отходов.

На предыдущем этапе исследований было показано, что проведение процесса сернокислотного выщелачивания урана из шлама при избыточном содержании H_2SO_4 порядка 60 г/дм^3 и температуре 80 °С обеспечивает степень извлечения урана 97-98%. Однако при этом данный метод характеризуется низкой селективностью, в продуктивном растворе (ПР) наблюдается высокое содержание примесных элементов, что требует проведения дополнительных операций очистки урана [1]. Поэтому целью данного этапа работы являлось исследование процессов сорбционной переработки продуктивных растворов, полученных в ходе сернокислотного выщелачивания урана из шлама.

Сорбцию урана из сернокислых ПР проводили в динамическом режиме с использованием сильноосновного анионита Purolite A660/4759. Данный ионит обладает высокими емкостными характеристиками по урану, и находит широкое применение в урановой промышленности.

Избыточная кислотность исходного ПР составляла порядка 60 г/дм^3, при высокой кислотности наряду с ураном сорбируются и ионы бисульфата, обладающие довольно большим сродством к сильноосновным анионитам, поэтому перед

сорбцией была проведена корректировка растворов по кислоте за счет десятикратного разбавления дистиллированной водой. Концентрация урана в растворе после корректировки составляла 28,5 мг/дм^3, серной кислоты – 5 г/дм^3.

Согласно результатам исследований, значение полной динамической обменной емкости для Purolite A660/4759 по урану составило 17,9 кг/м^3, что с учетом высокого солевого фона исходного раствора указывает на высокую эффективность данного анионита. Степень извлечения урана из фазы насыщенного ионита на последующей стадии десорбции составила лишь 70%. Выбор состава раствора для элюирования (25 г/дм^3 H_2SO_4 и 85 г/дм^3 NH_4NO_3) был сделан на основе анализа опыта применения сорбционных технологий на урандобывающих предприятиях. Полученное низкое значение степени извлечения урана в ходе элюирования указывает на необходимость проведения дополнительных исследований, направленных на установление более эффективной реагентной схемы десорбции.

Осаждение урана из товарного десорбата (1,1 г/дм^3 U) осуществляли 25% раствором аммиака при pH 6,7-7,0 и температуре 50-60 °C. Согласно результатам анализа, содержание урана в концентрате составило 68,54%. Среди примесных элементов значимые значения были зафиксированы для углерода (до 0,36%), кальция (до 0,1%) и натрия (до 0,1%). По содержанию урана и примесных элементов полученный концентрат соответствует международному стандарту ASTM C967-20.

1. Наливайко К.А., Липатова М.Е., Конькова А.В., Титова С.М., Скрипченко С.Ю., Физика. Технологии. Инновации. ФТИ-2020. Тезисы докладов VII Международной молодежной научной конференции, посвященной 100-летию Уральского федерального университета, 569-570, (2020)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО РАСТВОРА В ОБЪЕМЕ РЕАКТОРА С ДВУХЪЯРУСНЫМ ЛОПАСТНЫМ ПЕРЕМЕШИВАЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ

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 SIMULATION OF TWO-COMPONENT SOLUTION IN THE VOLUME OF THE REACTOR WITH A TWO-LEVEL BLADE MIXING DEVICE

Khomyakov A.P. [1], Mordanov S.V. [1], Naskina D.R. [1], Khomyakova T.V. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The hydrodynamics of mixing two-component solution in the volume of the reactor is studied. Distribution of mixing two media in the volume in the reactor with time, at different operating modes of the two-level blade mixing device are obtained.

The hydrodynamics of a two-component solution in the reactor volume during the deposition of ammonium polyuranate has been studied. The research was carried out using computational fluid dynamics methods by means the ANSYS Fluent software. The multiphase Manninen model (mixture model) [1] and the standard k-epsilon turbulence model were used for numerical calculations of hydrodynamics in the apparatus [2, 3].

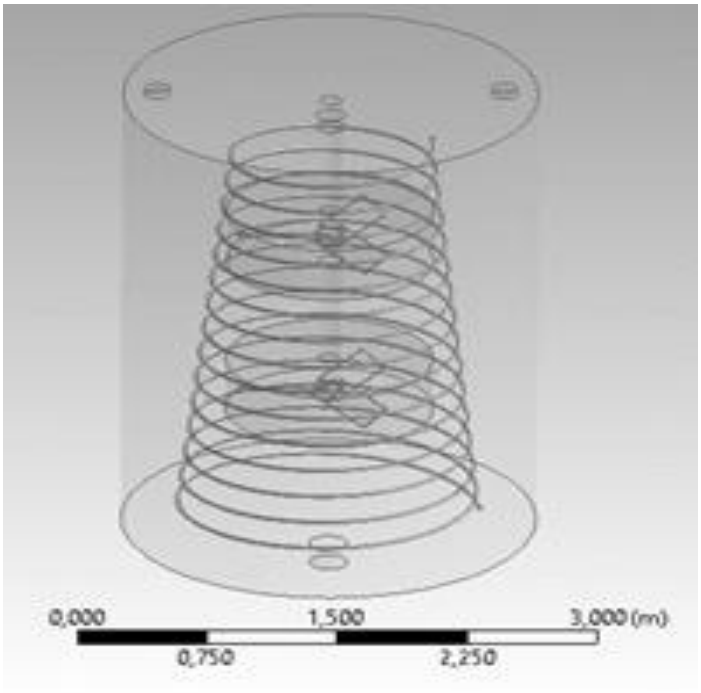


Fig. 1. The geometric model of a reactor with a three-bladed two-level agitator

As a result of the numerical simulation study, the calculated distributions of the velocities and volume fractions of technological media in the volume of an industrial reactor are obtained. The geometric model of the reactor under study with a three-bladed two-level agitator is shown in Figure 1. The studies were carried out under different operating modes of the mixing device: 180 rpm, 240 rpm, 420 rpm, 600 rpm, 720 rpm, 900 rpm, 1020 rpm.

The analysis of the results of the study showed that the distributions of the velocities and volume fractions of the components in the reactor volume do not change qualitatively in the considered range of rotation speeds of the mixing device. Near the mixing device, as well as in the upper part of the reactor, there is a significant increase in the speed.

The distribution of the volume fractions of the process media when mixing with a two-level blade agitator is more uniform than when using single-level blade agitators. The time required to achieve a uniform distribution of process media in the reactor volume is determined.

1. M. Manninen, V. Taivassalo, On the Mixture Model for Multiphase Flow, Espoo: Technical Research Center of Finland, VTT Publications, 16-19 (1996).
2. E. Launder and D. B. Spalding, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 3, 269-289 (1974).
3. M. I. Avramenko, About ke-model of turbulence, the 2-nd edition processed and added, Snezhinsk: RFNC – VNIITF, 7-23 (2010).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДОНА, УРАНА И ТОРИЯ В РОДНИКАХ ЕКАТЕРИНБУРГА И СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Насонова Ю.И. [1], Семенищев В.С. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина
E-mail: july.nasonova@yandex.ru

DETERMINATION OF RADON, URANIUM AND THORIUM IN THE SPRINGS OF YEKATERINBURG AND THE SVERDLOVSK REGION

Nasonova Y.I. [1], Semenischev V.S. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work, the study of water from 25 springs in Yekaterinburg and the Sverdlovsk region for the content of radon, uranium and thorium activities was carried out.

Снабжение населения чистой питьевой водой остается одной из важнейших задач, особенно в промышленно развитых и густонаселенных районах. Помимо воды централизованных источников водоснабжения, население использует для питьевых целей подземную воду из скважин и родников, которая потенциально может быть загрязнена тяжелыми металлами и природными радионуклидами. В данной работе было проведено исследование воды из 25 родников Екатеринбурга и Свердловской области на содержание активностей радона, урана и тория. Активность Rn-222 в пробах измеряли на сцинтилляционном гамма-бета-спектрометре «Атомтех МКС-1315 АТ» по линии равновесного дочернего гамма-излучающего изотопа Bi-214 (E = 609 кэВ) в стандартной геометрии Маринелли (1 л), после чего пересчитывали активность на момент отбора пробы. Активности U-238 и Th-232 рассчитывали по концентрациям урана и тория, которые измеряли на масс-спектрометре NexION 350 (Perkin Elmer, США). Полученные результаты показали, что в 7 родниках было обнаружено превышение уровня вмешательства по Rn-222 (60 Бк/л), при этом максимальная активность составила порядка 180 Бк/л (3 УВ). Превышение активностей урана и тория в данных родниках не присутствует. В то же время удельные активности урана и тория не превышали установленных норм во всех родниках. Максимальная активность U-238 составила 0,012 Бк/л (0,4% от УВ), а Th-232 – 0,0006 Бк/л (0,1% от УВ).

В течение осенне-зимнего сезона 2020 года был проведен мониторинг содержания Rn-222 в семи родниках, в которых по первоначальным данным было зафиксировано превышение уровня вмешательства по активности радона. Полученные экспериментальные данные приведены на рис.1.

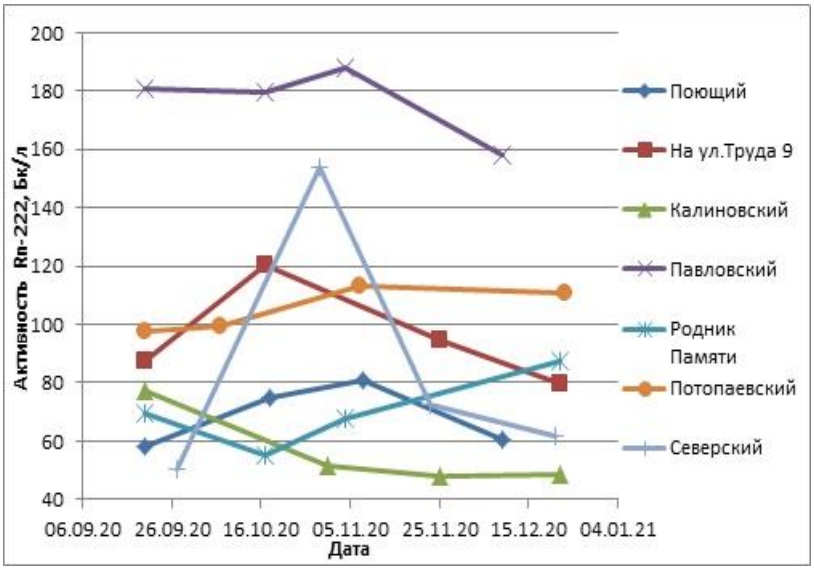


Рис. 1. Изменение активности Rn-222 от временных колебаний.

По данному графику можно сделать вывод, что для большинства родников сезонность незначительно влияет на активность радона. В ряде случаев отмечалось небольшое снижение активности при низких температурах, в частности, в роднике Калиновский с наступлением холодов активность радона упала до приемлемого уровня менее 60 Бк/л. Наиболее сильные колебания активности радона наблюдались в роднике Северский – от 50 до 154 Бк/л. Возможно, это связано с особенностями данного родника – низким дебетом и наличием застойной зоны.

Таким образом, проведенные исследования подтвердили необходимость проверки качества питьевых вод во всех нецентрализованных источниках водоснабжения населения по радиационному фактору, в первую очередь, по содержанию Rn-222.

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

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРОВОЗДУШНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ КУЗНЕЦКОГО КАМЕННОГО УГЛЯ В ПОТОЧНОМ РЕАКТОРЕ

Матюхина А.К. [1], Никитин А.Д. [1], Рыжков А.Ф. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: nikitin.a.d@yandex.ru

NUMERICAL STUDY OF STEAM-AIR GASIFICATION OF KUZNETSK COAL IN ENTRIANED-FLOW REACTOR

Matyukhina A.K. [1], Nikitin A.D. [1], Ryzhkov A.F. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A modified one-dimensional kinetic-thermodynamic model is used to study the effect of steam on air gasification of coal in two-stage flow reactor. For Kuznetsk coal the optimal value of the addition of steam is 0.3 kg/kg of coal. At the same time the gasification efficiency increases by 0.5–2% abs.

Рост населения Земли и улучшение качества жизни человека способствует повышению потребности в продуктах промышленности и электрической энергии. В связи с ограниченностью ископаемых ресурсов и глобальными изменениями климата в результате антропогенного воздействия, актуальной проблемой является повышение эффективности выработки энергии из ископаемых топлив при минимальном воздействии на окружающую среду. Среди ископаемых топлив наибольшие запасы энергии сосредоточены в угле. Перспективной технологией для производства электрической энергии из угля является парогазовый цикл с внутрицикловой газификацией угля (ПГУ-ВЦГ). Ключевым узлом ПГУ-ВЦГ является газогенератор. Большинство действующих газогенераторов работают на кислородном дутье, тогда как работа на воздушном дутье повышает эффективность цикла ПГУ-ВЦГ на 1,5-2%, снижает капитальные затраты и предпочтительна с точки зрения регулирования мощности ПГУ [1].

Добавка водяного пара в воздушное дутье с одной стороны увеличивает скорость газификации угля за счет повышения концентрации окислителя, но с другой стороны снижает температуру и время пребывания частиц угля в реакторе. Для получения количественной оценки влияния водяного пара на эффективность газификации угля проведены численные исследования с использованием модифицированной одномерной модели поточного газогенератора. В качестве материала использован ранее исследованный Кузнецкий каменный уголь марки Д. В исходной модели [2] скорость гетерогенных реакций газификации угля рассчитывается по диффузионно-кинетической теории, а состав газовой фазы – по термодинамическому равновесию. В модифицированной модели полное сжигание части угля в первой ступени газогенератора рассчитывается по тепловому и ма-

териальному балансу, газификация угля во второй ступени газогенератора рассчитывается аналогично исходной модели, но с учетом распределения частиц угля по размеру и реагирования внутри пор по модели Тиле. Учитывается рециркуляция непрореагировавшего коксозольного остатка угля (КЗО) с выхода реактора в первую ступень и тепловые потери в первой и второй ступени реактора. Верификация модели выполнена по экспериментальным данным [3].

Проведены расчеты для двух типов помола угля и трех режимов работы газогенератора с различным количеством рециркулируемого КЗО. Оптимальная добавка пара в воздушное дутье для всех режимов газификации исследуемого угля составляет около 0,3 кг пара / кг угля. Увеличение эффективности газификации (доли химической теплоты топлива, перешедшей в синтез-газ) в этом случае составляет от 0,5 до 2,2 % абс. Максимальное значение наблюдается при газификации угля крупного помола в режиме с минимальной рециркуляцией КЗО.

1. A. Giuffrida, M. Romano, G. Lozza, Energy 53, 221-229 (2013).
2. I.G. Donskoy, V.A. Shamansky, A.N. Kozlov, D.A. Svishchev, Combust. Theory Model. 21, 529–559 (2017).
3. H. Watanabe, M. Otaka, Fuel 85, 1935–1943 (2006).

ЗАВИСИСМОСТЬ ЭЛЕКТРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА СПЛАВА U-Pd В ЭЛЕКТРОЛИТЕ 3LiCl–2KCl–UCl_3 ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Никитин Д.И. [1], Половов И.Б. [1], Волкович В.А. [1], Фофанов Г.Л. [1], Фурта А.П. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: house.freshone@yandex.ru

DEPENDING ELECTRODE POTENTIAL OF U-Pd ALLOYS IN 3LiCl–2KCl–UCl_3 MELTS AT DIFFERENT TEMPERATURES

Nikitin D.I. [1], Polovov I.B. [1], Volkovich V.A. [1], Fofanov G.L. [1], Furta A.P. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Electrode potential of U-Pd alloys in 3LiCl–2KCl–UCl_3 melts were studied at different temperatures.

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 продук-

тов 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.

Нами синтезированы модельные сплавы U–Pd с различной концентрацией палладия (0, 3, 5, 10%), изучены зависимости потенциала электрода от температуры в интервале 550°C – 750°C в расплавах на основе 3LiCl–2KCl–UCl_3 (содержание $U_{мет}$ ~5%). В качестве электрода сравнения использовали хлорный и урановый электрод сравнения.

Для проведения исследования нами использовался импульсный ПИД регулятор температуры печи с подключением контрольной термопары внутри ячейки. Таким образом удавалось нивелировать инертность управления температуры во время эксперимента. Вначале эксперимента температуру выдерживали при 550°C (по контрольной термопаре) и плавно поднимали по 25°C за шаг, на каждом шаге производилась выдержка, после которой производилось измерение потенциала между рабочим электродом и электродом сравнения. По завершению проведения цикла нагрева до 750°C, производился цикл охлаждения с рабочим шагом 25°C и последующей выдержкой, таким образом были получены кривые «охлаждения» и «нагрева».

Показано, что потенциал уран-палладиевого сплава смещается в электроположительную область с увеличением температуры, что свидетельствует об одностадийности процесса электровосстановления. Также потенциал сплава в начале эксперимента при 550°C совпадает с потенциалом при такой же температуре, но уже после проведенного цикла нагрева-охлаждения.

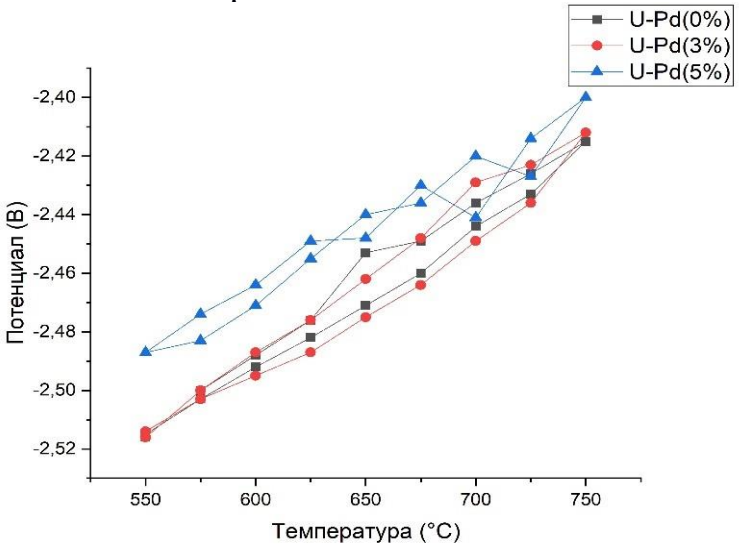


Рис. 1. Зависимость потенциала сплавов U-Pd (0, 3, 5%) от температуры в интервале 550°C – 750°C, в расплаве 3LiCl–2KCl–UCl_3 (содержание $U_{мет}$ ~5%), измерение относительно хлорного электрода сравнения.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА В КОНТАКТНОМ АППАРАТЕ ДЛЯ ОЗОНИРОВАНИЯ ЖРО

Новоселов И.К. [1,2], Хомяков А.П. [1], Морданов С.В. [1],
Никулин В.А. [1], Бир А.А. [1,2], Костромин К.В. [2], Хомякова Т.В. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] АО «СвердНИИхиммаш», г. Екатеринбург, Россия
E-mail: ivannovoselov94@gmail.com

TWO-PHASE FLOW HYDRODYNAMICS RESEARCH IN THE LRW OZONATION CONTACT APPARATUS

Novoselov I.K. [1,2], Khomyakov A.P. [1], Mordanov S.V. [1],
Nikulin V.A. [1], Bir A.A. [1,2], Kostromin K.V. [2], Homyakova T.V. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] SverdNIIhimmash JSC, Yekaterinburg, Russia

The results of CFD research of the two-phase flow hydrodynamics in the packed contact apparatus for LRW ozonation are presented. The results of the film flow VOF- simulations on the distribution device and in the packed channels of the contact apparatus are shown

Представлена методика численного моделирования двухфазных потоков в аппарате, предназначенном для озонирования жидких радиоактивных отходов (ЖРО), содержащих поверхностно-активные вещества (ПАВ). Показано, что для моделирования контактного оборудования насадочного типа методами вычислительной гидродинамики (CFD) целесообразно рассматривать отдельно задачи пленочного течения на распределительных устройствах и в щелевых каналах насадки и задачи прямоточного или противоточного течения жидкой и газовой фаз в объеме насадки. Для моделирования пленочных течений предлагается использовать CFD-модели, использующие метод объема жидкости (VOF model [1]). Для моделирования двухфазного потока в объеме насадки – многофазные модели на основе уравнений Навье-Стокса (например, модель смеси [2]), дополненные дополнительными слагаемыми на основе уравнений Дарси-Форххаймера [3] или модельными источниками количества движения [4], использующими коэффициенты гидравлического сопротивления.

Представлены результаты моделирования процессов формирования и разрушения пленки жидкой фазы на распределительных насадках распределительной тарелки контактного аппарата с внутренним диаметром 1000 мм для озонирования ЖРО с противоточным движением жидкой и газовой фаз при постоянном расходе газовой фазы (300 м^3/ч) и расходах жидкой фазы в диапазоне 2-4 м^3/ч.

Представлены результаты моделирования процессов противоточного течения нисходящий пленки жидкой фазы и потока газа в щелевых каналах насадки фирмы Sulzer Chemtech. Канал насадки образован симметрично вогнутыми гофрами с амплитудой и периодом вогнутостей соответственно 6 мм и 20 мм. Расход

газовой фазы для всех рассмотренных случаев принимали из расчета 300 м^3/ч в аппарате с внутренним диаметром 1000 мм. Расход жидкости задавали через плотности орошения насадки в диапазоне 1-35 л/(с·м). Установлены границы режимов устойчивого течения пленки.

Определены дальнейшие направления исследований и возможность применения полученных на данный момент результатов в практических целях: для проектирования нового и модернизации существующего контактного оборудования насадочного типа.

1. C. W. Hirt and B. D. Nichols, Journal of Computational Physics, 39, 201-225 (1981).
2. M. Manninen, V. Taivassalo and S. Kallio, On the Mixture Model for Multiphase Flow, VTT Publications (1996).
3. C. Soulaine and M. Quintard, International Journal of Heat and Mass Transfer, 74, 88-100 (2014).
4. A. S. Lavrov, A. P. Khomyakov, S. S. Petsura and S. V. Mordanov, AIP Conference Proceedings, 1886, 020087-1-020087-7, (2017).

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF CROSS-LINKED PECTIN NANOCAPSULES AS A DRUG DELIVERY SYSTEM

Manar M. Obiedallah[1,2], Rita S. Alkubelat[1], Maxim A. Mironov[1]
[1)] Institute of Chemical Technology, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia.
[2)] Department of Pharmaceutics, Faculty of Pharmacy,
Assiut University, Assiut 71526, Egypt.
E-mail: m.mh.obid@gmail.com

Polymer nanocapsules (PNCs) are an important class of nanocarriers, but applications of conventional non-crosslinked PNCs have been significantly limited because they are susceptible to environmental conditions.

Synthesis and applications of crosslinked PNCs (CPNCs) with robust covalently stabilized nanostructures have attracted great interest over the past decade. Pectin has been used for nano-encapsulation of various bioactive materials using a wide range of different methods, because it has several benefits like being emulsion stabilizer, possessing gelling properties and binding abilities. Feng Ji et al. [1] developed a novel hollow pectin nanocapsules with excellent biocompatibility and pH-sensitivity via layer-by-layer assembly for anticancer drug delivery. Ji et al. (2017) developed a novel hollow nano-capsule with layer-by-layer method of pectin and chitosan for delivery of doxorubicin hydrochloride (anticancer drug). These nano-capsules had high loading capacity and possessed good biocompatibility and were sensitive to pH. Brinzolamide loaded chitosan-pectin nanocapsules were formulated efficiently by Vibhuti Dubey et al. [2] using polyelectrolyte complex coacervation technique. The pharmacodynamic studies concluded that the Brinzolamide loaded chitosan-pectin nanocapsules were

more able to enhance the corneal permeation by extending the drug residence time and improving the IOP reduction rate.

Our work is focused on the development of chemically crosslinked pectin nanocapsules via Ugi reaction in diluted liposomal suspension. Liposomes were used as template for the synthesis and hexamethylene diisocyanide as crosslinking agent. pH adjustment in the range of 5.5 – 6.5 is considered a significant parameter for the reaction proceeding. After formation of the polysaccharide envelop around liposomes using Ugi reaction, the lipid components can be hydrolyzed in alkaline media to obtain the crosslinked pectin nanocapsules. NMR spectroscopy was utilized to confirm the formation of the nanocapsules. Several factors such as pH, amount of the crosslinking agent, the concentration of pectin and the ultrasonication time were investigated to optimize the preparation conditions. The prepared nanocapsules are characterized by dynamic light scattering, zeta potential, PDI measurement and fluorescence microscopy. Thus, average diameter of the nanocapsules was in the range of 220 – 260 nm and zeta potential – 30 – 40 mV.

Therefore, the developed chemically crosslinked nanocapsules could be a promising nano-carrier for drug delivery.

1. Ji F, Li J, Qin Z, Yang B, Zhang E, Dong D, et al. Engineering pectin-based hollow nanocapsules for delivery of anticancer drug. Carbohydr Polym. 2017 Dec 1;177:86–96.
2. Dubey V, Mohan P, Dangi JS, Kesavan K. Brinzolamide loaded chitosan-pectin mucoadhesive nanocapsules for management of glaucoma: Formulation, characterization and pharmacodynamic study. Int J Biol Macromol. 2020 Jun 1;152:1224–32.

СОРБЦИЯ СКАНДИЯ ИЗ РАСТВОРОВ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ 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

SORPTION OF SCANDIUM FROM SUCCINIC ACID SOLUTIONS OBTAINED BY RED MUD LEACHING

Oqilov B.R. [1], Botalov M.S. [1], Kirillov E.V. [1], Rychkov V.N. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The choice of sorbents for sorption of scandium from solutions of leaching with succinic acid was carried out. Sorption in dynamic mode for sorbents Lewatit VP-OC 1026 and Purolite S957 was studied.

Скандий (Sc) является рассеянным литофильным элементом (элемент горных пород), поэтому для технологии добычи этого элемента важно полное извлечение его из перерабатываемых руд и по мере развития металлургии руд-носителей скандия. Также оксид скандия используется в осветительных элементах высокой интенсивности, а добавка иодида скандия к атмосфере ртутно-газовых ламп позволяет сделать их свет более похожим на естественный. Широкому применению скандия препятствует высокая цена, обусловленная в свою очередь отсутствием собственных месторождений и высокой рассеянностью.

Красный шлам — твёрдые отходы процесса Байера, промышленного процесса обработки боксита для поставки оксида алюминия как сырья для электролиза алюминия [1]. 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 извлечения скандия сорбционном методом из растворов выщелачивания красного шлама с минеральными кислотами, данная же работа посвящена изучению сорбции скандия из растворов выщелачивания янтарной кислотой. Процесс выщелачивания скандия янтарной кислотой из красного шлама был изучен ранее в работе [2]. Раствор выщелачивания имеет следующий состав, мг/л: Sc – 3, Na – 2090, Al – 147, Ca – 3352, Fe – 95, Ti – 9.

Целью работы является подбор сорбента для максимального извлечения скандия. В работе для сорбции скандия были использованы несколько видов смол: Lewatit TP260, Tulsion CH93, Purolite S957, а также ТВЭКСы на основе Д2ЭГФК: Lewatit VP-OC 1026, Puromet 7010, Hydrolite 800, LSC790. По данным предварительных опытов сорбции в статических условиях были выбраны сорбенты Purolite S957 и Lewatit VP-OC 1026, т.к. они продемонстрировали степень извлечения более 90%. Далее проводилась сорбция в динамическом режиме, скорость

пропускания раствора составила 8 удельных объемов в час. Выходная кривая сорбции приведена на рисунке 1.

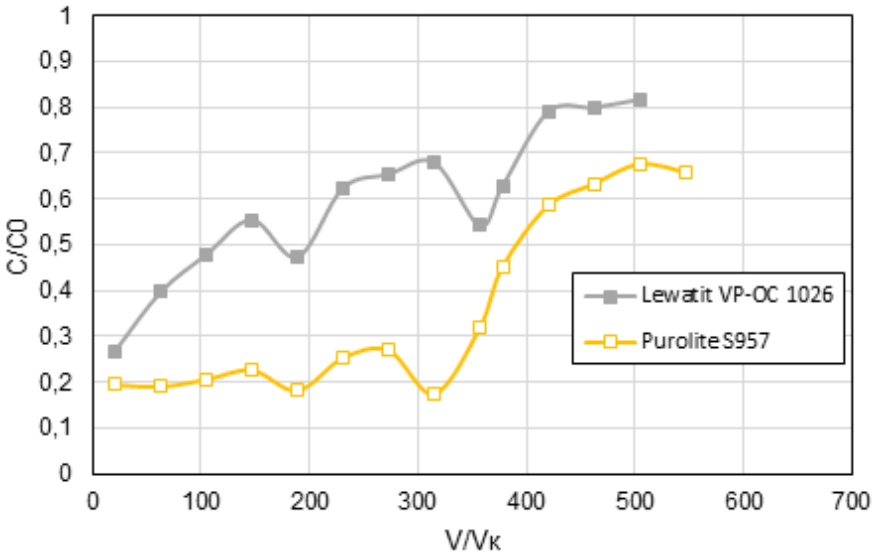


Рис. 1. Кинетические кривые сорбции скандия из растворов выщелачивания красного шлама янтарной кислотой

Из приведенного рисунка видно, что насыщение происходит при пропускании более 500 удельных объемов. Расчётная емкость сорбентов составила 741,5 мг/мл для Lewatit VP-OC 1026 и 1282,4 мг/мл для Purolite S957.

1. 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.
2. Oqilov B. R., Botalov M. S., Rychkov V. N., Kirillov E. V., Smyshlyaev D. V., Malyshev A. S., Taukin A. O., Yuldashbaeva A. R. Study of scandium leaching from the red mud by succinic acid // AIP Conference Proceedings, 2020. 2313, 050022.

ВЛИЯНИЕ МЕТАЛЛОВ V ГРУППЫ НА ФАЗООБРАЗОВАНИЕ И МЕЖФАЗНЫЕ СВОЙСТВА ТИТАН-АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Осинкина Т.В. [1], Красиков С.А. [1], Русских А.С. [1]
[1)] Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: cool-ezhk@yandex.ru

INFLUENCE OF GROUP V METALS ON PHASE FORMATION AND INTERFACIAL PROPERTIES OF TITANIUM-ALUMINUM ALLOYS

Osinkina T.V. [1], Krasikov S.A. [1], Russkih A.S. [1]
[1)] Institute of Metallurgy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

A theoretical and experimental study of the regularities of phase formation in the Ti-Al – Nb(Ta, V) alloy obtained by the joint aluminothermal reduction of metals from oxides is carried out. The physicochemical properties of the alloys were studied.

Проблема разработки новых материалов на основе титана, сочетающих высокую жаропрочность, низкую плотность является весьма актуальной в современном авиакосмическом материаловедении [1]. Добавление таких элементов V группы как ниобий, тантал и ванадий приводит к улучшению физико-механических (прочность, жаропрочность, пластичность) и химических (коррозионная стойкость) свойств титан-алюминиевых интерметаллидных сплавов [2] и, как следствие, повышение срока службы изготовленных деталей и полуфабрикатов.

В данной работе проводилось исследование макромеханизма реакций и межфазных свойств при совместном алюминотермическом восстановлении титана, тантала, ниобия и ванадия из оксидов.

Таким образом, была установлена последовательность образования интерметаллических соединений при совместном алюминотермическом восстановлении металлов взаимодействия алюминия с оксидными системами титана, ниобия, тантала и ванадия. Впервые получены сведения о поверхностном натяжении и плотности сплавов и выявлено влияние компонентов сплавов на эти свойства. Была проведена оценка вклада каждого из элементов в значения поверхностного натяжения и плотности. Также рассчитано межфазное натяжение на границе сплава со шлаком.

1. Иванов В.И., Ясинский К.К. Эффективность применения жаропрочных сплавов на основе интерметаллидов Ti3Al и TiAl для работы при температурах 600–800°С в авиакосмической технике, Технология легких сплавов, № 3, С. 7-12 (1996)
2. Напалков, В.И. Лигатуры для производства алюминиевых и магниевых сплавов, М.: Металлургия (1983)

ХИМИЧЕСКИЙ РЕЦИКЛИНГ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ С УТИЛИЗАЦИЕЙ CO_2

Масленников Г.Е. [1], Осипов П.В. [1], Богатова Т.Ф. [1],
Рыжков А.Ф. [1], Назарова В.В. [1], Замятина А.В. [1], Ткаченко Е.А. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: tes.urfu@mail.ru

RECYCLING OF TECHNOGENIC WASTES WITH CO_2 UTILIZATION

Maslennikov G.E. [1], Osipov P.V. [1], Bogatova T.F. [1],
Ryzhkov A.F. [1], Nazarova V.V. [1], Zamyatina A.V. [1], Tkachenko E.A. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The paper considers the prospects of creating eco-friendly resource-saving technologies for industries that use organic fuel in the technological cycle based on chemical recycling of CO_2 emissions through its mineralization due to carbonization of ash and other technogenic waste.

Создание экологически чистых ресурсосберегающих технологий для производств, использующих в технологическом цикле органическое топливо, сегодня является актуальной проблемой в связи с необходимостью снижения антропогенного воздействия на климат Земли. Одним из перспективных направлений является химический рециклинг выбросов углекислого газа CO_2 путем его минерализации за счет карбонизации золошлаковых и других техногенных отходов с возможностью получения вторичной продукции различного назначения.

Одними из наиболее мощных источников CO_2 являются угольные электростанции. По объемам выработки электрической энергии угольными тепловыми электростанциями (ТЭС) Россия занимает 13 место в мире. Ежегодно на 172 теплоэлектростанциях России сжигается около 120 млн т угля, средняя зольность его составляет более 13%. Годовой выход золы и шлака изменяется в зависимости от климатических условий и составляет в среднем 22-23 млн т/год, при накопленных отходах около 1,5 млрд т.

Основные направления использования золошлаковых отходов (ЗШО) определяются их химическим составом, который зависит от месторождения, режима сжигания, способа золошлакоудаления, а также от длительности нахождения ЗШО на золоотвале.

Потенциал минерализации (поглощения CO_2 золой), соответствующий максимально возможной улавливающей способности золы, вычисляется по формуле Стенуара [1, 2]:

CO_2 (%) = 0,785(CaO%-0,7SO_3%)+1,09MgO%+0,71Na_2O%+0,468K_2O%

В соответствии с этой формулой улавливающая способность летучей золы российских углей будет варьировать от нескольких процентов (для кислых зол)

до ~ 40 % (для высококальциевых основных зол). С учетом кинетических ограничений эффективность карбонизации составляет ~ 0,1–0,5 кг CO_2/кг CaO.

В настоящей работе выполнен термодинамический анализ перспективной установки карбонизации золошлаковых отходов с использованием программного комплекса COCO Simulator. В качестве объекта расчета взяты энергоблоки Рефтинской ГРЭС – крупнейшей в Росси электростанции, работающей на твердом топливе.

Вовлечение в процесс химического рециклинга региональных ресурсов (золошлаки различных производств, строительные отходы программ реновации жилья и др.) может обеспечить реализацию безотходных технологий при степени утилизации выбросов CO_2 до 70–90 %.

1. M. B. Fernandez, X. Li, S. J. R. Simons, C. D. Hills and P. J. Carey. Green Chem. 6, 428–436 (2004).
2. D. N. Huntzinger, J. S. Gierke, L. L. Sutter, K. S. Kawatra and T. C. Eisele. J. Hazard. Mater. Vol. 168, 1, 31–37 (2009).

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КРАСОЧНОГО ПИГМЕНТА ПИСАНИЦЫ ДВУГЛАЗЫЙ КАМЕНЬ (СРЕДНИЙ УРАЛ)

Панкрушина Е.А. [1], Киселева Д.В. [1], Шагалов Е.С. [2], Широков В.Н. [3]
[1)] Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения РАН
[2)] Уральский государственный горный университет
[3)] Институт истории и археологии Уральского отделения РАН
E-mail: lizaveta.94@list.ru

MINERALOGICAL AND CHEMICAL COMPOSITION OF THE COLORING PIGMENT OF THE DVUGLAZY KAMEN (TWO-EYED STONE) PICTOGRAPH (THE MIDDLE URALS)

Pankrushina E.A. [1], Kiseleva D.V. [1], Shagalov E.S. [2], Shirokov V.N. [3]
[1)] The Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
[2)] Ural State Mining University
[3)] Institute of History and Archaeology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

The elemental and mineral composition of the coloring pigment of the Dvuglazy Kamen pre-historic pictograph was studied by the Raman spectroscopy and SEM-EDS. The pigment contains hematite (the most probable mineral component of the paint), gypsum and anhydrite, as well as weddellite.

Наскальные рисунки встречаются на всех континентах и представляют собой один из самых многочисленных и информативных археологических артефактов [3]. Как правило, картины изготавливаются путем смешивания сухих пигментов с жидким связующим животного или растительного происхождения [1, 3]. После высыхания красочного слоя может быть нанесен новый слой [1]. Три основные проблемы, возникающие при изучении состава пигментов наскальной живописи, - это определение технологии производства красок, источников сырья, а также способа нанесения краски [2].

Настоящее исследование посвящено элементному и минеральному составу пигментов наскальных рисунков Писаницы Двуглазый Камень, которая находится в Свердловской области на территории муниципального образования г. Алапаевск, на правом берегу р. Нейвы.

СЭМ-изображения и ЭДС-спектры образцов, напыленных углеродом, были получены с использованием сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-6390LV с ЭДС спектрометром INCA Energy 450 EDS с ускоряющим напряжением 20 кВ. Минеральные фазы диагностированы с помощью конфокального рамановского спектрометра LabRAM HR800 Evolution с дифракционной решеткой 600 штр/мм; возбуждение лазерами, излучающими на 514 и 633 нм; пространственное разрешение до 2 мкм

В пигменте обнаружены гематит Fe2O3 (наиболее вероятный минеральный компонент краски), гипс CaSO4·2H2O и ангидрит CaSO4, а также оксалат кальция – уэдделит Ca(C2O4)·2H2O. При этом слой краски покрыт корками, состоящими из гипса и уэдделита. Писаницы, расположенные под открытым небом, характеризуются наличием оксалатов кальция, образующихся в результате взаимодействия органических объектов (лишайников, грибков) с веществом горной породы; при этом оксалаты могут выполнять стабилизирующую функцию и защищать пигменты от выветривания и надежно фиксировать краситель на поверхности субстрата [4].

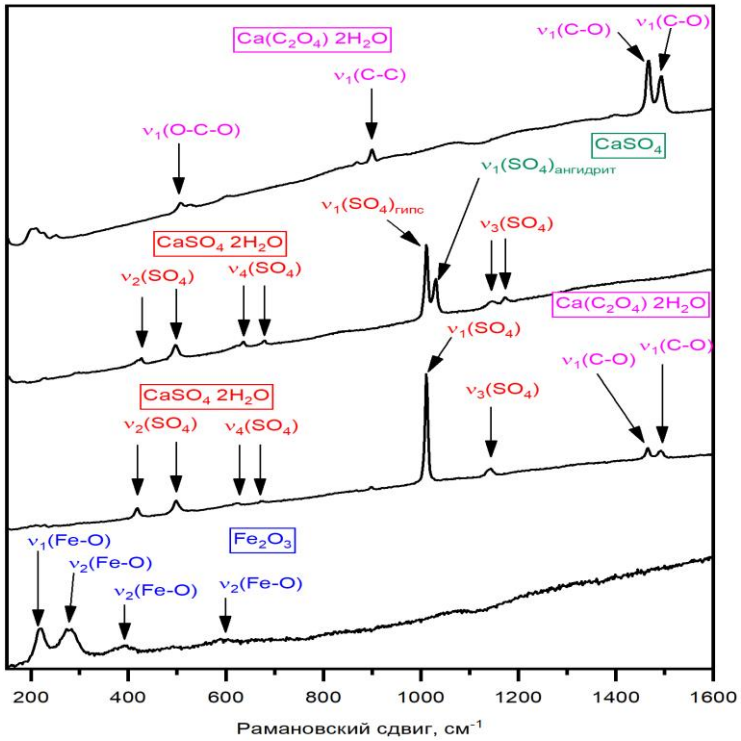


Рис. 1. Рамановские спектры фрагмента пигмента писаницы Двуглазый Камень (образец ДК-2) с идентифицированными минеральными фазами

Работа выполнена в ЦКП УрО РАН «Геоаналитик» в рамках темы № АААА-А18-118053090045-8 государственного задания ИГГ УрО РАН и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-09-00194 А.

1. M. Schreiner, M. Melcher, K. Uhlir, Anal Bioanal Chem. 387(3), 737-747 (2007).
2. A.S. Pakhunov, E.G. Devlet, I.A Karateev et al., Crystallography Reports 63(6), 1027-1033 (2018).
3. R. Reese, M. Hyman, M. Rowe et al., 23, 269-277 (1996).
4. J. Russ, W.D. Kaluarachchi, L. Drummond et al., Studies in Conservation 44(2), 91-103 (1999).

ОСАЖДЕНИЕ УРАНА ИЗ ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ СОЛЯНОКИСЛОТНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ УРАНСОДЕРЖАЩЕГО ШЛАМА

Наливайко К.А. [1], Яковлева О.В. [1], Абдрахманова А.К. [1],
Пастухов А.Д. [1], Березина М.Э. [1], Титова С.М. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: andpast007@gmail.com

DEPOSITION OF URANIUM FROM PRODUCTIVE SOLUTIONS OBTAINED BY HYDROLIC ACID LEACHING OF URANIUM-CONTAINING SLUDGE

Nalivaiko K.A. [1], Yakovleva O.V. [1], Abdrahmanova A.K. [1],
Pastukhov A.D. [1], Berezina M.E. [1], Titova S.M. [1]
[1)] Ural Federal University

The precipitation process has carried out with ammonia by a semi-continuous method at pH 6.9-7.0, temperature 45-50 °C from a productive solution (278 mgL-1 U, 60 gL-1 HCl). The precipitate is an amorphous structure and represented by one phase - CaF2, the mass fraction of uranium was 0.73%.

Деятельность предприятий по производству уранового топлива для атомной промышленности неизбежно связана с образованием твердых радиоактивных отходов, которые складируются в открытых поверхностных шламохранилищах. Данные шламы являются потенциальным источником загрязнения окружающей среды [1]. В тоже время, содержание урана в них оценивается на уровне 0,1% (масс.), что говорит о возможности его выделения и возвращении в цикл производства уранового топлива.

Основным способом переработки урансодержащих шламов является метод выщелачивания с использованием растворов кислот как наиболее реакционноактивных агентов. Для последующего выделения урана из полученных при выщелачивании продуктивных растворов возможно его осаждение с применением растворов аммиака.

В данной работе представлены результаты исследования процесса осаждения урана из полученного результате солянокислотного выщелачивания шлама продуктивного раствора (278 мг/дм^3 U и 60 г/дм^3 HCl). Процесс осаждения проводили полунепрерывным методом при pH 6,9-7,0, температуре 45-50 °C и интенсивном перемешивании (200 об/мин). По окончании дозирования реагентов в реактор (1 час) пульпу выдерживали в течение часа, далее фильтровали, осадок затем промывали и сушили при 120 °C. Полученный продукт исследовали с применением различных физико-химических методов анализа.

В результате осаждения был получен осадок аморфной структуры с низкими фильтрационными и седиментационными характеристиками. Средний диаметр

частиц суспензии и сухого осадка, по данным гранулометрического анализа, составил 17,9 и 39,3 мкм, соответственно.

Массовая доля урана в конечном продукте не велика и составляет 0,73%, при этом степень осаждения урана из продуктивных растворов более 99,9%, что указывает на количественное извлечение металла в фазу осадка. Наряду с ураном происходит активное осаждение примесных элементов, степень осаждения Fe, Al, Ti, Cr, составляет более 97%.

Процесс осаждения урана с применением аммиака характеризуется значительным расходом реагента (201 кг NH_3/1 кг U), что обусловлено высокой кислотностью продуктивного раствора, большая часть аммиака идет на её нейтрализацию.

Согласно результатам рентгенофазового анализа, конечный продукт представляет собой CaF_2 (флюорит). Урансодержащие фазы в структуре осадка идентифицированы не были. Уран переходит в твердую фазу в результате соосаждения, которое реализуется за счет его адсорбции развитой поверхностью аморфных частиц осадка.

Таким образом, нейтрализация солянокислого продуктивного раствора аммиаком до pH 6,9-7,0 полунепрерывным методом позволяет количественно перевести уран в фазу осадка с минимальным остаточным содержанием металла в маточнике осаждения. Существенными недостатками данного метода является высокий расход реагента, а также осаждение значительных количеств примесных элементов и, как следствие, снижение массовой доли урана в готовом продукте.

1. Kong L, Ruan Y, Zheng Q, Su M, Diao Z, Chen D, Hou L, Chang X, Shih K, Journal of Hazardous Materials, 382, 120784, 2020

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СЕРЫ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ОКИСЛЕНИЯ МЕТОДОМ РФА

Печищев И.В. [1], Абрамов А.В. [1], Ившина А.А. [1], Устьянцев Ю.Г. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: pechishchevilya@gmail.com

DETERMINATION OF SULFUR CONTENT OF VARIOUS OXIDATION STATES BY WD-XRF

Pechishchev I.V. [1], Abramov A.V. [1], Ivshina A.A. [1], Ustyantsev Y.G. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Sulfur is an essential component of both natural minerals and various soils. Determination of sulfur content in various oxidation states provides a lot of information about the course of geochemical processes, the ecological state of the natural system and the efficiency of production processes.

Сера в природных и техногенных материалах в основном представлена в виде сульфидов S^{2-} и сульфатов SO_4^{2-}. Для получения данных о количественном содержании сульфатной и сульфидной фаз в пробах руд, концентратов, шламов, нефти и нефтепродуктов, бензина, может быть использован метод рентгенофлуоресцентного анализа, при этом анализируемый материал не разрушается.

В ходе работы была разработана методика оценки содержания сульфатной и сульфидной фаз в объекте анализа. Для его создания были использованы носители соответствующих разновидностей серы – пирит и сульфат натрия. При реализации данной работы был изготовлен набор градуировочных проб с различным содержанием сульфидной и сульфатной фаз. Содержание сульфидной фазы изменялось от 0 до 100 масс. % с разбегом содержания в 10 масс. %. Были предприняты различные способы оценки содержания сульфата и сульфида в пробе: первый состоял в определении сдвига дублетной Kα1,2-линии серы в зависимости от содержания той или иной формы серы. Второй способ заключался в оценке содержания сульфатной формы серы по повышению интенсивности сателлитной Kβ’-линии по отношению к основной Kβ-линии при повышении концентрации сульфата и понижении содержания сульфида в пробе. Данная методика может быть использована для анализа реальных объектов, поскольку полученные закономерности изменения аналитического сигнала от концентрации той или иной формы серы сохраняются и для многокомпонентных проб [1,2].

1. Hennings S., Pleßow A, X-Ray Spectrometry 47, Iss. 2, 144-152 (2018)
2. W.-Z. Zhao, B. Lu, J.-B. Yu, B.-B. Zhang, Y. Zhang, Microchemical J. 156, Article 104840 (2020)

ФОТОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕНТАФТОР-АРИЛ-2Н-ИМИДАЗОЛОВ В ВОДНОЙ СРЕДЕ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В КАЧЕСТВЕ РН-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ФЛУОРОФОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ pH СЛЮНЫ

Петухова А.А. [1], Медведева М.В. [1], Свалова Т.С. [1], Козицина А.Н. [1], Мосеев Т.Д. [1], Вараксин М.В. [1], Чупахин О.Н. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: m.v.medvedeva@urfu.ru

PHOTOPHYSICAL PROPERTIES OF PENTAFLUORO-ARYL-2H-IMIDAZOLES AND THEIR APPLICATION AS PH-SENSITIVE FLUOROPHORS FOR DETERMINING THE ACIDITY OF SALIVA

Petukhova A.A.[1], Medvedeva M.V.[1], Svalova T.S.[1], Kozitsina A.N.[1], Moseev T.D.[1], Varaksin M.V.[1], Chupakhin O.N.[1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In the course of the work, the photophysical properties of pentafluoro-aryl-2H-imidazoles in aqueous-organic systems with varying pH values and organic phase content were studied. The possibility of using it as sensor molecules for determining the pH of human saliva has been shown.

Повышенный интерес сегодня представляет направленное конструирование и изучение свойств новых гетероциклических push-pull систем - органических соединений, одновременно содержащих донорные и акцепторные заместители, оказывающих взаимное влияние. В частности, соединения на основе имидазола находят широкое распространение в медицинской химии, сенсорике и молекулярной электронике.

Измерение малых колебаний pH биологических жидкостей представляет собой актуальную задачу первичной клинической диагностики. Несмотря на то, что pH биологических жидкостей в организме надежно поддерживается буферными растворами, нарушение обмена веществ может привести к синтезу большого количества кислотных или щелочных метаболитов [1]. Это вызывает сдвиг pH и, как следствие, снижение ферментативной активности. В частности, увеличение кислотности слюнной жидкости свидетельствует о кариозных поражениях зубной эмали, других заболеваниях полости рта и желудочно-кишечного тракта.

Традиционно используемые потенциометрические датчики pH, как правило, требуют калибровки и ограничены для анализа биологических жидкостей, особенно при анализе сверхмалых объемов проб [2, 3], а чувствительности индикаторных тест-полосок, как правило, не достаточно для идентификации малых изменений pH. Пентафторпроизводные арил-2Н-имидазолов являются перспективными материалами в дизайне фотолюминесцентных сенсорных систем ввиду выраженности флуоресцентных свойств в протонных растворителях.

Целью настоящей работы являлось исследование фотофизических свойств новых пентафторарил-2Н-имидазолов[4] в водных растворах с изменяющимися pH и возможности их практического применения для определения pH слюнной жидкости. Исследуемые соединения приведены на рисунке 1.

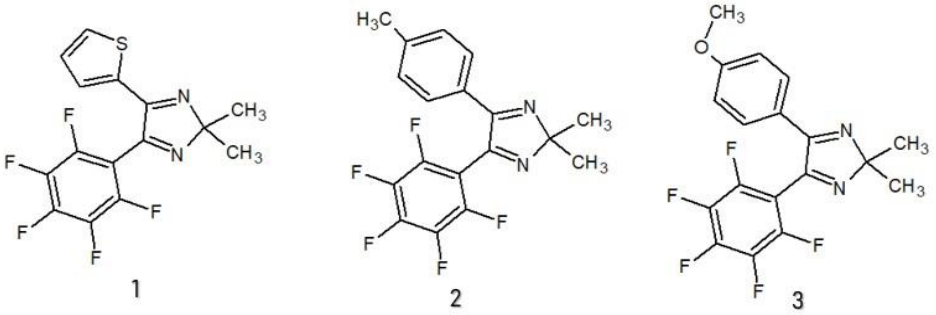


Рис. 1. Структурные формулы исследуемых пентафторарил-2Н-имидазолов

В ходе работы были изучены фотофизические свойства молекул в водно-органических системах с изменяющимися значениями pH и содержанием органической фазы, определены квантовые выходы, константы ионизации, получены и проанализированы закономерности «структура вещества – фотофизические свойства». Наиболее выраженные фотолюминесцентные свойства характерны для соединения 1. На основании результатов исследований предложен механизм pH-зависимого внутримолекулярного переноса заряда.

При выбранных рабочих условиях получены линейные зависимости интенсивности флуоресценции от pH водно-органического раствора, экспериментально определены чувствительность, стабильность и обратимость фотолюминесцентного отклика. Исследования селективности, проведенные в растворах, имитирующих слюнную жидкость человека, показали возможность применения пентафторарил-2Н-имидазолов в качестве сенсорных молекул для определения pH слюны человека.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках проекта 20-73-10077.

1. K.R. Yeo, M. Zhang, X. Pan, A. Ban Ke, H.M. Jones, D. Wesche, L.M. Almond, Clinical Pharmacology & Therapeutics, 108(5), 976-984(2020)
2. E. Obreque-Slier, V. Espínola-Espínola, R. López-Solís, J. Agric. Food Chem., 64(43), 8154–8159(2016)
3. M. Urbanowicz, D.G. Pijanowska, A. Jasiński, M. Ekman, M.K. Bocheńska, Journal of Solid State Electrochemistry, 23, 3299–3308(2019)
4. T.D. Moseev, M.V. Varaksin, D.A. Gorlov, V.N. Charushin, Oleg N. Chupakhin, J. Org. Chem. 2020, 85, 11124−11133

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ КАРБИДА НИОБИЯ

Пикуло А.А. [1], Данилов Д.А. [1], Курлов А.С. [2]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской Академии наук, Екатеринбург, Россия
E-mail: a.a.pikulo@mail.ru

PREPARATION AND STUDY OF THE PROPERTIES OF NANOCRYSTALLINE NIOBIUM CARBIDE

Pikulo A.A. [1], Danilov D.A. [1], Kurlov A.S. [2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Solid State Chemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Nanocrystalline niobium carbide powders of various sizes were obtained by high-energy milling. Carrier gas hot extraction method was applied for the determination of oxygen in nanopowders. It was found that a decrease in particle size leads to an increase in the total amount of oxygen in the sample.

Кубический карбид ниобия NbC (пр. гр. Fm-3m), благодаря высокой температуре плавления, твердости, износостойкости, химической и термической стойкости, широко используется в производстве конструкционных и инструментальных материалов, способных работать при высокой температуре, в агрессивных средах и при больших нагрузках. Как ожидается, переход от микро- к наноструктурированным материалам позволит существенно повысить их функциональные характеристики. В связи с этим, становится актуальным получение и изучение свойств нанокристаллического порошка NbC_y, как основы многих тугоплавких и твердых материалов. Одним из наиболее простых и эффективных способов получения нанопорошков карбидов является высокоэнергетический размол в планетарных шаровых мельницах.

На поверхности нанопорошков сорбируется кислород, он является наиболее нежелательной и вредной примесью. Его суммарное содержание определяет общую чистоту порошка. Поэтому определение кислорода в порошках является актуальной задачей.

Для определения кислорода в нашей работе использовали метод восстановительного плавления. Принцип метода основан на взаимодействии кислорода пробы с углеродом тигля при высокой температуре с образованием моноксида углерода CO, переносе его инертным газом и детектировании ИК датчиком.

Образцы нанокристаллического карбида получали в планетарной шаровой мельнице Retsch PM 200 методом высокоэнергетического размола. Средний размер частиц варьировался путем изменения продолжительности размола от 5 до

15 часов. После размола порошки сушили в вакуумном шкафу. Затем измеряли количество кислорода на газоанализаторе Horiba EMGA620W/C в режиме автоматической загрузки образца. Порошок помещался в оловянную капсулу и сбрасывался в предварительно дегазированный тигель.

С увеличением времени размола содержание кислорода в порошке карбида NbC увеличивается. При этом происходит уменьшение размера частиц и увеличение удельной поверхности порошка. Таким образом, на содержание кислорода в первую очередь влияет именно площадь поверхности карбида ниобия, что связанно с хемосорбцией кислородсодержащих соединений.

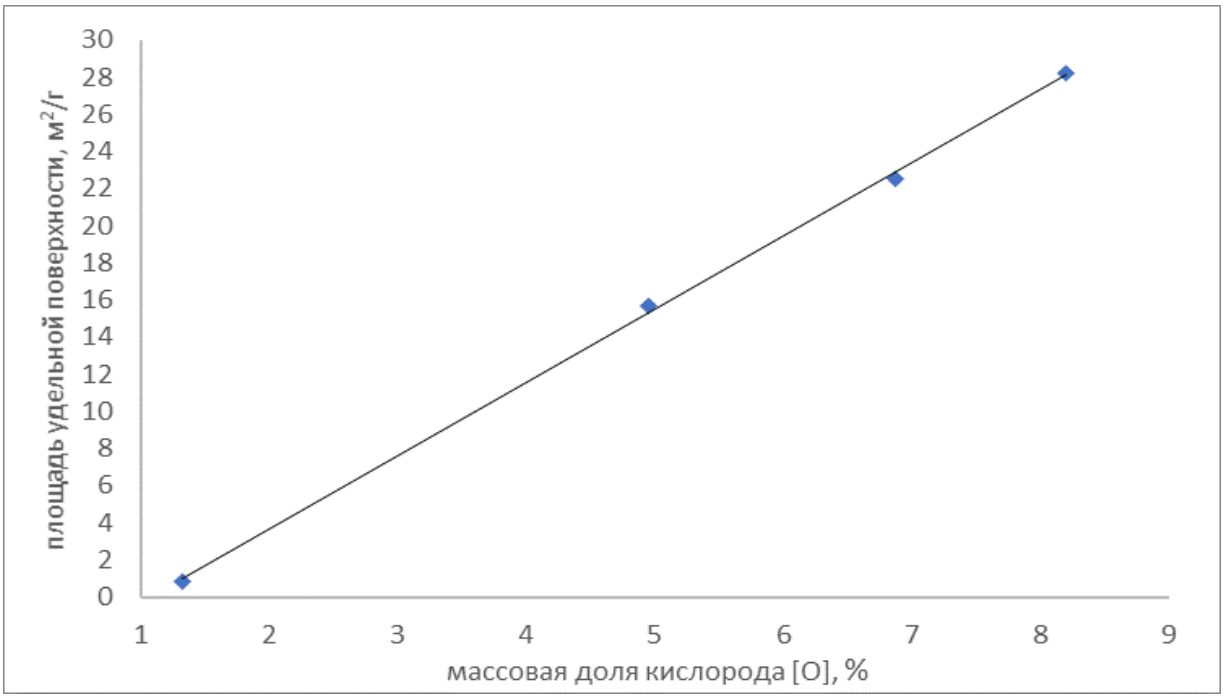


Рис. 1. Зависимость количества кислорода в карбиде ниобия от площади удельной поверхности порошка.

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
3. Стормс Э. Тугоплавкие карбиды. М.: Атомиздат, 1970. 304 с.
4. Курлов А.С. //Журнал физ. химии. 2019. Т. 93. № 3. С. 405.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИ-(2-ЭТИЛГЕКСИЛ)ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ МЕТОДАМИ СПЕКТРОФОТОМЕРИИ И ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Платонова М.А. [1], Хорькова А.Н. [1], Данилов Д.А. [1]
[1)] Уральский Федеральный Университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: platonovamaria17@gmail.com

DETERMINATION OF THE DI-(2-ETHYLHEXYL)PHOSPHORIC ACID BY SPECTROPHOTOMETRY AND GAS CHROMATOGRAPHY

Platonova M.A. [1], Khorkova A.N. [1], Danilov D.A. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The di-(2-ethylhexyl) phosphoric acid in sorbent was determined by spectrophotometry and gas chromatography–mass spectrometry. In addition, the decomposition products' impact on the result was eliminated, and the effect of pH was studied.

Один из источников скандия – растворы после подземного выщелачивания урана. В 2019 году была разработана технология извлечения скандия из таких растворов, внедренная на АО «Далур». [1]. Основной экстрагент синтезированного для технологии ТВЭКСа Axion 22 - Д2ЭГФК, поэтому, для эффективного извлечения скандия из растворов, возникает необходимость в контроле содержания Д2ЭГФК в сорбенте. Целью данной работы является разработка аналитической методики определения ди-(2-этилгексил)фосфорной кислоты методом спектрофотометрии и подтверждение результатов методом газовой хроматографии с масс-спектрометром.

В работе определение Д2ЭГФК проводилось с использованием спектрофотометра Lambda 35 и газового хроматографа с масс-спектрометром Perkin Elmer Clarus 600.

Приготовление растворов с известным содержанием аналитов проводили с использованием аналитических весов при помощи автоматического дозатора, отбирая 8,1 мкл, 36,4 мкл, 67,7 мкл, 93 мкл и 121,4 мкл Д2ЭГФК и разбавляя 1 мл ShellSol. 30 мкл таких растворов, разбавляли 1 мл гексана C_6H_{14}. Для экстракции к 7,5 мкл полученного раствора добавляли 7,5 мл 1,2-дихлорэтана и 5 мл раствора индикатора акридиновый оранжевый (0,05 г на 250 мл воды) [2]. Полученные растворы встряхивали в течение 5 минут, затем центрифугировали при 3000 об/мин в течение 10 минут. Около 2 мл органической фазы направляли на спектрофотометрирование относительно раствора холостого опыта.

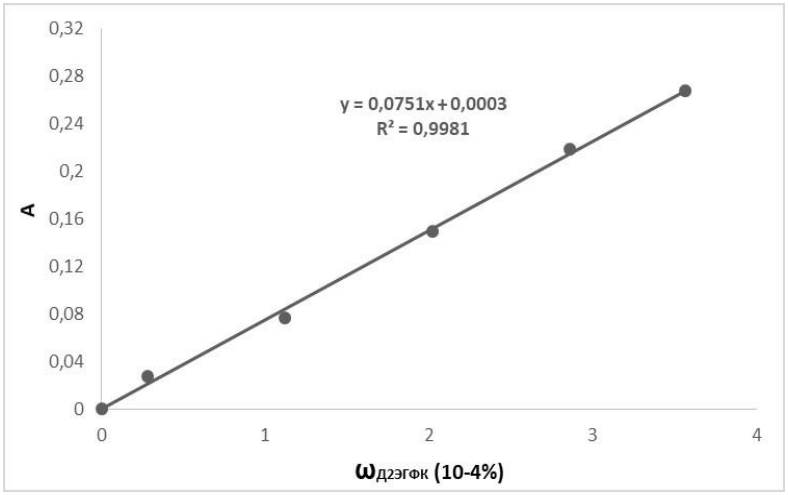


Рис. 1. Зависимость оптической плотности от концентрации Д2ЭГФК.

Пробу перед вводом в газовый хроматограф разбавляли 1:100 додеканом $C_{12}H_{26}$, затем вводили при помощи шприца. Анализ проводили при следующей программе: изменение температуры термостата с 200 до 270 ^{0}C, температура инжектора 250 ^{0}C, капиллярная колонка elite 5ms, съемка в режиме со сплитом 1:50, объем вводимой пробы 1 мкл, ионизациия электронным ударом (70 эВ), температура источника ионов 200 ^{0}C, температура интерфейса 250 ^{0}C. Результат определения концентрации Д2ЭГФК в ТВЭКСе методом газовой хроматографии ωД2ЭГФК = 29,2%

Сравнение результатов анализа заводских проб двумя методами показало, что при спектрофотометрическом определении содержание Д2ЭГФК завышено ωД2ЭГФК = 51%. Необходимо устранить влияние продуктов разложения Д2ЭГФК, реагирующих с катионами красителя по аналогичному с Д2ЭГФК механизму, образуя хромофорную частицу ион-ассоциат.

Для очистки от продуктов разложения раствор ТВЭКСа промыли в следующем порядке: NaOH, $H_2O_{дист}$, H_2SO_4, $H_2O_{дист}$. Провели анализ очищенного раствора ТВЭКСа, получили ωД2ЭГФК = 31%. Значение близко к результату, полученному методом газовой хроматографии.

Исследовали влияние pH на результаты измерений. Для этого в мерную колбу налили 100 мл раствора индикатора и 50 мл ShellSol, затем, при помощи бюретки, добавляли NaOH 0,1 М с шагом 0,5 мл. В процессе фотометрировали серию растворов с pH = 10,7; 11; 11,39; 11,82 и 12,22. Установлено, что при pH = 10,7 индикатор начинает растворяться в органической фазе, что связано с переходом его из ионной в молекулярную форму.

1. Буньков Г.М., Разработка технологии извлечения скандия из растворов подземного выщелачивания урана, дисс. … канд. техн. наук, Екатеринбург, 2019.
2. K. L. Popilovskaya, B. R. Okilov and D. A. Danilov, The spectrophotometric determination of D2EHPA, AIP Conference Proceedings 2174, 2019.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОПЛАСТИКА В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Попиловская К.Л. [1], Данилов Д.А. [1], Селезнев А.А. [1,2]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт геологии и геохимии им. акад. А.Н. Заварицкого, г.Екатеринбург, Россия
E-mail: p_k_l_98@mail.ru

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETERMINING MICROPLASTICS IN AN URBAN ENVIRONMENT

Popilovskaya K.L. [1], Danilov D.A. [1], Seleznev A.A. [1,2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Geology and Geochemistry, Yekaterinburg, Russia

A qualitative and quantitative determination of microplastics in the environment was performed to research the ecological problem.

В настоящее время различные виды пластика находят широкое применение во многих отраслях производства. Пластмассы используются в качестве упаковки, в косметических средствах, электронике, строительстве и во многих других областях. Однако, прочность и долговечность пластиков приводит к накоплению их в окружающей среде. Эта проблема становится все более привлекательной для исследований во всем мире.

Микропластик – это пластиковые частицы длиной до 5 мм, которые образуются путем истирания более крупных пластиковых изделий. Из-за неправильной переработки отходов данные частички засоряют земную и водную среду. Эта проблема становится наиболее глобальной в настоящее время. Исследователи доказали наличие микропластика даже во льдах Арктики. Влияние пластиковых частиц на здоровье животных и человека еще до конца не изучено. Однако, ученые утверждают, что он может попадать вместе с водой и пищей в органы и ткани и накапливаться, что приводит к негативному воздействию на организм.

Для решения данной экологической проблемы необходимо производить правильный качественный и количественный анализ пластмасс. Для этого применяются различные методы, такие как оптическая микроскопия, электронная микроскопия, ИК-Фурье спектрометрия, рамановская спектрометрия и хромато-масс-спектрометрия.

В работе для изучения проведения количественного анализа микропластика были приготовлены пробы с известным содержанием известного состава и были получены их ИК-спектры. При проведении пробоподготовки была использована шлефовальная машина и абразивные круги зернистостью Р80 для изготовления порошка полиэтилентерефталата (ПЭТ) путем истирания. Полученный порошок в чистом виде был подвергнут анализу на ИК-Фурье спектрометре методом НПВО. Далее готовились пробы ПЭТ с хлоридом калия с содержанием аналита,

равному 1%, 0.1%, 0.01%, 0.001% и 0.0001%. После приготовления проб также производили измерения ИК-спектров методами НПВО и диффузионного отражения.

Также в ходе работы был проведен анализ материалов окружающей среды. Для этого на различных водоемах города были отобраны пробы воды, льда, снега и снегогрязевой пульпы. Материалы фильтровались через бумажные фильтры с использованием вакуума, после чего фильтры просушивались на воздухе. Частицы, не прошедшие через фильтр, стряхивались кисточкой и запрессовывались в таблетки при помощи винтового пресса. Данные таблетки подвергались рамановскому картированию, полученные спектры интерпретируются.

В дальнейшем планируется изучение других видов пластика, а также использование матриц, более приближенных к реальным объектам анализа.

Работа выполняется при финансовой поддержке РФФИ, проект 19-35-60011.

1. Ю. Беккер, «Спектроскопия» (Техносфера, Смоленск, 2007)
2. A. Käppler, D. Fischer, S. Oberbeckmann, G. Schernewski, M. Labrenz, K. J. Eichhorn and B. Voit, «Analysis of environmental microplastics by vibrational microspectroscopy: FTIR, Raman or both?» (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016)
3. L. Henderson and C. Green, «Making sense of microplastics? Public understandings of plastic pollution» (Elsevier, 2020)
4. P. Vermeiren, C. C. Muñoz and K. Ikejima, «Sources and sinks of plastic debris in estuaries: A conceptual model integrating biological, physical and chemical distribution mechanisms» (Elsevier, 2016)
5. Т.Б. Кимстач и С.В. Тихомиров, «Проблема идентификации микропластика методами молекулярной спектроскопии» (Пластические массы, №7-8, стр. 23 - 27 , 2020)

ТЕПЛОВАЯ ПРОВОДИМОСТЬ ФТОРИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ НЕПРЕДЕЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ С ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ ОБЪЕМОМ СМЕШЕНИЯ

Поволоцкий И.И. [1], Волосников Д.В. [1], Скрипов П.В. [1], Марчукова А.А. [2], Распутин Н.А. [3]

[1)] ФГБУН Институт теплофизики Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

[3)] ФГБУН Институт органического синтеза им. И.Я.Постовского Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: iliyapov@rambler.ru

THERMAL CONDUCTIVITY OF FLUORINATED SOLUTIONS OF UNSATURATED HYDROCARBONS WITH A POSITIVE EXCESS VOLUME

Povolotskiy I.I. [1], Volosnikov D.V. [1], Skripov P.V. [1], Marchukova A.A. [2], Rasputin N.A. [3]

[1)] The Institute of Thermal Physics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

[3)] Postovsky Institute of Organic Synthesis, Ural Division, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Solutions of perfluorinated compounds and unsaturated hydrocarbons are highly nonideal systems. A decrease in the thermal conductivity of solutions relative to their additive values in the entire concentration range and their correlation with the values of excess volumes were found.

Растворы перфторированных соединений и непредельных углеводородов являются сильно неидеальными системами (соотношение плотностей ~ 2.5). Такие растворы являются легколетучими, но имеют широкое практическое применение в химии полимеров при создании различных присадок. Поведение переносных свойств указанных растворов сложно прогнозировать, а их исследование затруднено и дорогостояще. Одно из решений – нахождение общих эмпирических закономерностей переноса тепла в растворах, имеющих известный объем смешения компонентов.

Согласно [1], при добавлении в исходную систему второго компонента, возникает дополнительное тепловое сопротивление (обратная величина тепловой проводимости).

Цель работы заключается в определении величины отклонений от аддитивных значений тепловой проводимости в сильно неидеальных растворах с положительным объемом смешения. Аддитивные значения – значения на прямой линии, соединяющей значения исходных компонентов.

Для исследования тепловой проводимости мы используем метод управляемого импульсного нагрева зонда – терморезистивного элемента изготовленного из платиновой проволочки диаметром 20 мкм [2]. Зонд является одновременно источником тепла и датчиком температуры. Для разогрева зонда используется комбинации двух импульсов тока: короткого – разогревающего зонд до заданной температуры и длинного – измерительного для поддержания температуры зонда на точно заданном значении. В опыте измеряются падения напряжений на зонде и токовом резисторе которые, в дальнейшем пересчитываются в значения среднемассовой температуры зонда и электрической мощности, необходимой для поддержания его температуры в веществе [2]. По измеренным значениям электрической мощности в чистых компонентах рассчитываются, соответствующие аддитивные значения. В дальнейшем эти данные сопоставляются со значениями, полученными в собственно растворах и определяются соответствующие отклонения [3].

Объектами исследования являлись три раствора с верхней критической температурой растворения [4]: непредельный углеводород (гексен-1) и один из перфторированных компонентов (1H,4H-октафторбутан; перфторметилциклогексан или карбогал). Для указанных выше растворов и при начальных температурах T_0 ~ (293-308) К авторами были измерены значения избыточных объёмов, максимальные значения которых составили: 2,8; 5,9 и 6,1 $см^3$/моль, соответственно. Измерения значений тепловой проводимости данных растворов проводились в диапазоне температур (363 – 423) К и давлений (5 – 30) МПа.

Обнаружено снижение тепловой проводимости растворов относительно их аддитивных значений во всём диапазоне концентраций, а для растворов с малым содержанием гексена-1 снижение относительно исходных перфторированных компонентов. Обнаружена корреляция отклонения (ухудшения) величин тепловой проводимости растворов при их импульсном нагреве с величинами их избыточных объемов при T_0.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 19-38-90075.

1. Филиппов Л.П., Кравчун С.Н. ЖФХ. 56, 2753-2756 (1982).
2. Скрипов П.В., Старостин А.А., Волосников Д.В. ДАН. 390, №2, 192-195 (2003).
3. Volosnikov D.V., Povolotskiy I.I., Igolnikov A.A., Galkin D.A.. Skripov P.V. J. Phys.: Conf. Ser. 1105, 012153 (2018)
4. Volosnikov D.V., Povolotskiy I.I. Phys.: Conf. Ser. 1677, 012100 (2020)

РОЛЬ ПОДЛОЖКИ В ФОРМИРОВАНИИ ПЛЕНОК $Cd_XPb_{1-X}S$ ХИМИЧЕСКИМ ОСАЖДЕНИЕМ

Поздин А.В. [1], Маскаева Л.Н. [1], Марков В.Ф. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: andrej.pozdin@yandex.ru

ROLE OF THE SUBSTRATE IN THE FORMATION OF $Cd_XPb_{1-X}S$ FILMS BY CHEMICAL DEPOSITION

Pozdin A.V. [1], Maskaeva L.N. [1], Markov V.F. [1]
[1)] Ural Federal University (named after the first President of Russia B.N. Yeltsin),
Ekaterinburg, Russia

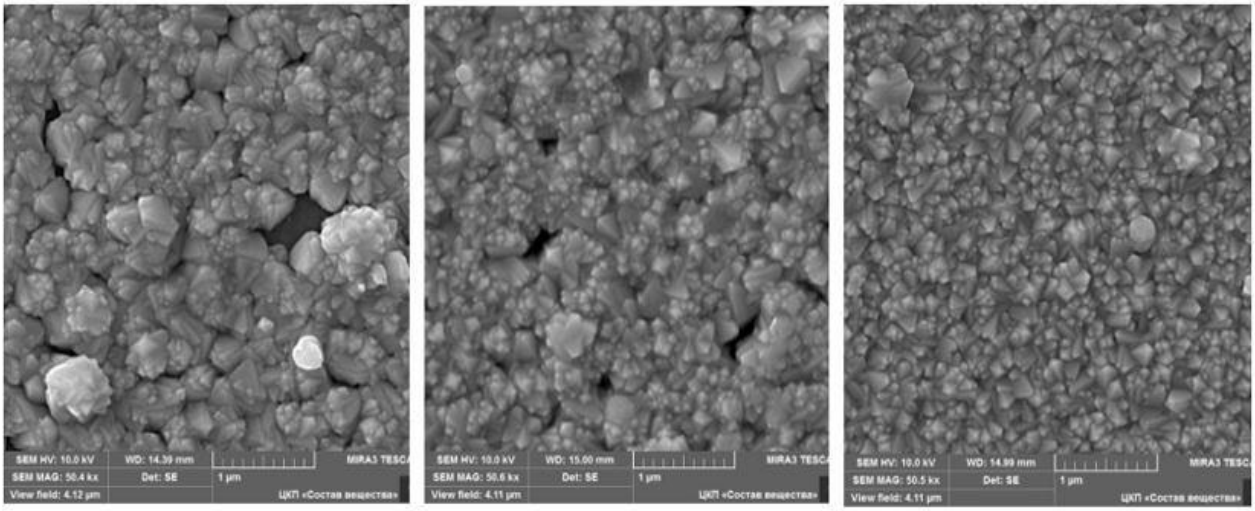
The revealed features of the morphology of $Cd_xPb_{1-x}S$ films associated with different conditions of nucleation and growth will affect their functional properties.

Твердые растворы на основе сульфидов кадмия и свинца − $Cd_xPb_{1-x}S$ представляют интерес как с фундаментальной, так и с прикладной точек зрения. Микроструктура, полупроводниковые и фотоэлектрические свойства обсуждаемых пленок зависят от природы подложки, ее химического состава, текстуры, степени шероховатости, поскольку именно эти характеристики подложки определяют число центров кристаллизации, размер и форму кристаллитов образующейся фазы.

В связи с этим, целью настоящей работы являлась оценка влияния природы подложки на микроструктуру химически осажденных из цитратно-аммиачной реакционной смеси пленок $Cd_xPb_{1-x}S$.

Электронно-микроскопические изображения пленок $Cd_xPb_{1-x}S$, нанесенных химическим осаждением на подложки из стекла с электропроводящим слоем ITO (а), ситалла СТ-50-1 (б) и ориентированного (111) кремния (в), приведенные на рисунке, свидетельствуют об особенностях их микроструктуры, определяемой условиями их зародышеобразования и роста. Пленке, выращенной на ITO-покрытии, нанесенном на стекло, характерна неоднородная микроструктура со степенью сплошности ~80−85% (рис. а). Это обусловлено тем, что слой $(In_2O_3)_{0.9}(SnO_2)$ на поверхности стеклянной подложки может включать наряду с кристаллической структурой аморфные участки поверхности. Ситалл СТ-50-1, представляющий стеклокерамический материал с полукристаллической структурой, содержит “каталитические добавки”, которые вызывают появление большого количества центров кристаллизации и создают условия для образования мелкокристаллической структуры. Поэтому тонкопленочный слой состоит из отдельных мелких пирамидок со сглаженными гранями либо их агрегатов, примыкающих к более крупным кристаллитам, растущим перпендикулярно поверхности подложки (рис. б). Пленка $Cd_xPb_{1-x}S$ с наиболее высокой плотностью упаковки зерен формируется на ориентированном (111) кремнии (рис. в). При этом

часть кристаллитов имеет упорядоченные ограненные формы. Такая морфология слоя наблюдается тогда, когда постоянные кристаллических решеток подложки и пленки отличаются более чем на 4%: разница между a_{Si} = 0.54307 нм и a = 0.59343 нм изучаемой пленки $Cd_xPb_{1-x}S$ составляет ~9%.



а *б* *в*

Рис. – Электронно-микроскопические изображения пленок $Cd_xPb_{1-x}S$, синтезированных в течение 30 мин при 353 K на подложках из стекла с электропроводящим слоем ITO (а), ситалла СТ-50-1 (б) и ориентированного (111) кремнии (в)

Можно высказать предположение, что выявленные особенности микроструктуры пленок $Cd_xPb_{1-x}S$ окажут непосредственное влияние их на электрофизические и функциональные свойства.

СИНТЕЗ ПЛЕНОК CdS НА СТЕКЛЕ ПО АММИАЧНО-ЩЕЛОЧНОЙ СХЕМЕ

Прибытов М.Д. [1], Галиаскарова М.Р. [1], Никифоров В.О. [1], Данкова А.К. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: maximus711@mail.ru

SYNTHESIS OF CdS FILMS ON GLASS BY THE AMMONIA-ALKALINE SCHEME

Pribytov M.D. [1], Galiaskarova M.R. [1], Nikiforov V.O. [1], Dankova A.K. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This work is aimed at finding optimal conditions for the synthesis of CdS films in order to obtain films of controlled thickness and high homogeneity. The presence of $Cd(OH)_2$ in the synthesized films was revealed. The optimal parameters for the synthesis of CdS films are found.

Сульфид кадмия – это полупроводниковый материал, широко используемый в электронике. В последние время осаждение и исследование полупроводниковых тонких пленок сульфида кадмия получил значительный интерес из-за их потенциального применения в области электронных и оптоэлектронных устройств. Одним из наиболее перспективных методов получения тонких пленок сульфида кадмия с толщиной на уровне 100-200 нм является метод химического осаждения. Несмотря на большое количество работ в этой области, вопросы исследования механизма роста пленок и подбора оптимальных условий все ещё являются актуальными. В рамках настоящей работы было выполнено исследование влияния различных параметров химического осаждения на свойства образующихся пленок сульфида кадмия в аммиачно-щелочной системе.

Пленки сульфида кадмия синтезировали следующим образом. В реактор объемом 300 мл вносили последовательно при комнатной температуре раствор соли кадмия до концентрации кадмия в конечном растворе 0,001-0,1 М, затем водный раствор аммиака до концентрации в конечном растворе 1М, затем водный раствор тиомочевины до концентрации в конечном растворе 0,01-0,02 М, затем раствор NaOH до pH в конечном растворе 12-12,6. После смешения в ректор помещали обработанное стекло, реактор нагревали до 35-60 ºС при помощи электрической плитки или водяной бани, для ряда опытов реакционную среду в процессе синтеза перемешивали при помощи магнитной мешалки. Длительность осаждения составляла от 60 до 120 минут, количество циклов нанесения пленки от 1 до 3-х. Пленки из гидроксида кадмия готовили методом разложения аэрозоля на разогретой кварцевой подложке. Для исследования возможности конверсии гидроксида кадмия в сульфид кадмия пленки CdS выдерживали в растворе Na_2S.

Установлено, что при вращении подложки в растворе в процессе синтеза пленки получались тоньше и с большим градиентом по толщине от центра к

краям стекла. Совместная химическая и механическая обработка стёкол позволяет получать более однородные пленки. При повышении температуры скорость образования пленок повышается, но однородность снижается, оптимальной была выбрана температура в 35 ºС. Нагрев на водяной бане позволял получать более однородные пленки из-за меньшего температурного градиента. Толщина пленок пропорциональна длительности осаждения и количеству циклов нанесения. Оптимальными значениями концентраций для соли кадмия, тиомочевины и щелочи составили 0,002 М, 0,02 М и 0,025 М соответственно.

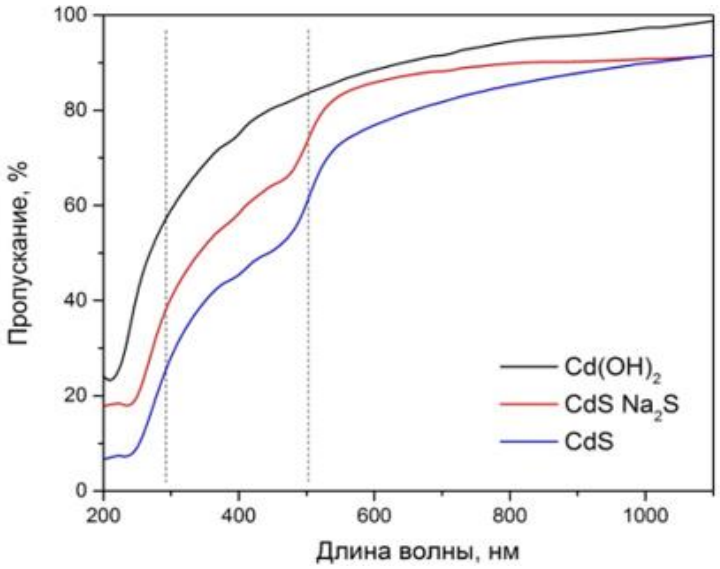


Рис. 1. Оптические спектры пропускания пленок $Cd(OH)_2$ (a), CdS Na_2S (b), CdS (c)

На рисунке 1 представлены оптические спектры пропускания пленок $Cd(OH)_2$ и CdS. Пленка $Cd(OH)_2$ имеет один широкий пик поглощения в районе 200-400 нм, в то время как пленка CdS имеет дополнительный пик в районе 500 нм. Таким образом в синтезированных пленках сульфида кадмия предполагается присутствие гидроксида кадмия. Выдержка свежеосажденной пленки сульфида кадмия в растворе сульфида натрия не приводит к значимым изменениям спектра пропускания, что может свидетельствовать о затруднениях в конверсии гидроксида кадмия в сульфид.

1. A new approach towards the growth of cadmium sulphide thin film by CBD method and its characterization. Poulomi Roy, Suneel Kumar Srivastava. Materials Chemistry and Physics 95 (2006) 235–241

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ АНАЛИЗА ОКСИДА СКАНДИЯ МЕТОДОМ АТОМНОЙ ЭМИССИИ С ДУГОВЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

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

IMPROVEMENT OF THE METHOD OF ANALYSIS OF SCANDIUM OXIDE BY THE METHOD OF ATOMIC EMISSION WITH ARC EXCITATION

Romanova D.O. [1], Lisienko D.G. [1], Dombrovskaia M.A. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This work is devoted to the selection of optimal conditions for the analysis of scandium oxide by the atomic emission method with arc excitation.

На физические свойства оксида скандия (предел прочности, пластичность, электропроводность и т.д.) существенное влияние оказывают содержащиеся в нем примеси. Для определения примесей используют различные высокочувствительные методы, в частности эмиссионный спектральный анализ, что связано с хорошими аналитическими характеристиками и возможностью одновременного определения большого числа аналитов. Все измерения проводили на спектрометре PGS-2 (Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH, Германия), оснащенном многоканальным твердотельным детектором МАЭС (ООО «ВМК-Оптоэлектроника», г. Новосибирск) и среднечастотным дуговым генератором «Везувий» (ООО «ВМК-Оптоэлектроника», г. Новосибирск).

Методик спектрального анализа оксида скандия мало. Найдены методики прямого спектрального [1, 2] и химико-спектрального определения, предполагающего отделение основы [1, 3]. Однако приведенные методики имеют ряд недостатков. Так в [1] пробоподготовка представляет длительный и трудоемкий процесс. При отделении матрицы необходима дополнительная химическая обработка материалов, в результате которой возможно внесение сложно контролируемых загрязнений в анализируемый концентрат и потери некоторых определяемых элементов.

При разработке и опробовании методики контролировали содержание Al, Ca, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Si, Sn, Zr. Поведение каждого из этих элементов характеризует условия конверсии и возбуждения в дуговом разряде целой группы аналитов. Методом линейных экспериментов изучены и оптимизированы параметры средства измерений: вид и сила тока дугового разряда, межэлектродное расстояние. По временным разверткам спектров выбрано время экспозиции. Подобраны спектральные линии, свободные от переложений.

В качестве нижнего электрода использовали графитовый электрод типа «рюмка» с диаметром кратера 4 мм и глубиной 6 мм, верхним электродом был

графитовый стержень с конической заточкой. Навеску пробы помещали в электрод и уплотняли. Исследовано влияние химически активного буфера - графита - на интенсивность спектральных линий. Установлено, что введение в анализируемые пробы графита в соотношении 10:1 приводит к увеличению интенсивности атомных линий в среднем в 1,5 раза из-за улучшения условий атомизации элементов.

Изучено влияние спектроскопического буфера (СБ) - хлорида натрия - на условия возбуждения. Оптимальная концентрация СБ составила 2% и вызвала увеличение интенсивности атомных линий от 1,5 до 4 раз. Сравнено два способа введения хлорида натрия в кратер электрода: послойное расположение СБ и пробы и смешение СБ с пробой. Лучшие результаты получены для смеси спектроскопического буфера и пробы за счет более быстрого и равномерного поступления хлорида натрия в плазму.

В результате выполненных исследований рекомендованы следующие условия анализа оксида скандия: дуговой разряд переменного тока силой 12А, межэлектродный промежуток 2 мм, время экспонирования 50 с, состав анализируемой пробы (оксид : графит : хлорид натрия = 100:10:2), навеска пробы в кратере электрода 50 мг.

1. Кошель Е.С. Дуговой атомно-эмиссионный анализ в контроле качества редкоземельных металлов и их оксидов: Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук / Е.С. Кошель – Москва, 2018. – 192 с.
2. Методика определения содержания магния, кальция, хрома, меди, никеля, кобальта, марганца, железа, ванадия, титана и циркония в оксиде скандия № 7/619. Внутренний документ ГНИ и проектного института редкометаллической промышленности «Гиредмет».
3. Пат.2091791 РФ МПК-8: класс G01N31/00, Способ определения примесей в оксиде скандия /Глинская И.В., Малютина Т.М., Мискарьянц В.Г.

ПРЕДСКАЗАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ФАЗ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ IV И V ГРУПП

Русских А.С. [1], Балякин И.А. [1], Красиков С.А. [1], Жилина Е.М. [1]
[1)] Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: Russkih_a_s@mail.ru

PREDICTION OF PHASE FORMATION OF HIGH-ENTROPY ALLOYS OF GROUPS IV AND V

Russkih A.S. [1], Balyakin I.A. [1], Krasikov S.A. [1], Zhilina E.M. [1]
[1)] Institute of Metallurgy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

A computer simulation of a high-entropy Al Ti Zr V Nb alloy was performed using the ab-initio molecular dynamics method for phase formation.

Высокоэнтропийные сплавы (ВЭСы) представляют собой твердые растворы простой кристаллической структуры, содержащие обычно пять и более элементов, при этом доля каждого компонента варьируется от 5 % до 35 %. Необходимо также отметить что в системе нет преобладающего элемента. Рассматриваемый в данной рукописи тугоплавкий высокоэнтропийный сплав (ТВЭС) имеют интерес в научных кругах из-за их привлекательных высокотемпературных механических свойств. ТВЭС как правило основаны на тугоплавких металлах, но могут также содержать другие элементы низкой плотности. Как правило, ТВЭС обладают высокой прочностью и твердостью.

Для предсказания формирования фаз в тугоплавком высокоэнтропийном сплаве AlTiZrVNb возможно использование методов компьютерного моделирования. Один из возможных методов — это расчёт парциальных функций радиального распределения [1] сплава в жидком состоянии. Если компоненты в сплаве имеют близкие значения парциальной функции радиального распределения, то неупорядоченный твердый раствор образуется с большей вероятностью.

Работа выполнена в соответствии с государственным заданием ИМЕТ УрО РАН, вычисления производились на кластере «Уран» ИММ УрО РАН.

1. J.-W Yeh et. al. Adv. Eng. Mater 6, 299-303, (2009).

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF IN SITU GELS CONTAINING ACETAZOLAMIDE MICROSPONGES FOR OPHTHALMIC DELIVERY

Manar M. Obiedallah[1], Abdel-Mageed A.M. [1], Tahani H. Elfaham[1]
[1)] Department of Pharmaceutics, Faculty of Pharmacy, Assiut University, Assiut, Egypt.
E-mail: Manar.Abedallah@pharm.aun.edu.eg

Microsponge drug delivery system is an advanced delivery system that could act as a locally targeted delayed drug release. In this work, we developed microsponges loaded with the anti glaucoma drug, acetazolamide, to enhance therapeutic efficacy and reduce the side effects of oral acetazolamide.

The microsponges were prepared by the quasi emulsion solvent diffusion method. Ethyl cellulose polymer in different proportions with drug was used to prepare the microsponges. Different influencing parameters were evaluated to select the best formulation. The formula S2 with drug to polymer ratio (2:1) showed high entrapment efficiency of about 82% and mean particle size of about 10 µm with polydispersity index (PDI) of 0.22, which are suitable characters for ocular delivery. The best formulation was characterized for surface morphology and in vitro release studies. Three different types of plain in situ gels viz., pluronic F-127 (PF-127), carbopol 934 (CP 934) and gellan gum (GM) were prepared and evaluated for physicochemical properties (pH, gelling capacity, gelation time and rheological properties) to select the suitable one. PF-127 in situ gel formulations were found to have superior characters for ophthalmic administration and were used for the in vivo efficacy studies.These results of in vivo studies indicated that acetazolamide microsponges in situ gel have potential ability for ophthalmic delivery.

1. Morsi, N., Ibrahim, M., Refai, H., El Sorogy, H., 2017. Nanoemulsion-based electrolyte triggered in situ gel for ocular delivery of acetazolamide. European Journal of Pharmaceutical Sciences 104, 302-314.

ВЛИЯНИЕ КИСЛОРОДА НА КИНЕТИКУ ДЕКОЛОРИЗАЦИИ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЕГО АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТОЙ

Савина А.С. [1], Богатов Н.А. [1,2], Болдырев В.С. [2], Зоткин А.П. [2]
[1)] Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия
[2)] Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, Москва, Россия
E-mail: savina_bmstu@inbox.ru

EFFECT OF OXYGEN ON THE KINETICS OF METHYLENE BLUE DECOLORIZATION BY ASCORBIC ACID

Savina A.S. [1], Bogatov N.A. [1,2], Boldyrev V.S. [2], Zotkin A.P. [1]
[1)] D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia
[2)] Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

This paper presents the results of studying the effect of oxygen on the decolorization rate of the redox reaction of the thiazine dye methylene blue with ascorbic acid. The mechanism of the influence of oxygen on the decolorization reaction and intermediate stages and reaction products are described

В поле низкочастотных воздействий инфразвукового и начала звукового диапазонов возможно протекание сонохимических реакций [1-5]. Низкочастотные колебания приводят к катализу некоторых реакций [1]. Опубликованы исследования о влиянии малоэнергетических аксиальных колебаний на окислительно-восстановительную реакцию метиленового синего с аскорбиновой кислотой, которые показывают возможность ингибирования этой реакции [4]. Мы предположили, что ингибирование реакции обусловлено тем, что в поле низкочастотных воздействий может происходить насыщение реакционной среды кислородом, приводящее к обратному процессу окисления метиленового синего.

Для исследований применяли метиленовый синий компании «Зоомир», от которого отбирали 0,1 мл и растворяли в 50 мл дистиллированной воды. 1 грамм восстановителя растворяли в 100 мл дистиллированной воды. Полученные растворы в соотношении 1,5:50 восстановителя к окислителю вводили в мерный цилиндр объемом 100 мл. Изменение в кинетике реакции определяли методом абсорбционной спектроскопии на длине 665 нм (мономерная форма красителя). Изменение оптической плотности фиксировали через каждые 2 минуты (рис.1а) . Для проверки предположения о роле кислорода в кинетике реакции деколоризации тиазинового красителя были проведены исследования в обезгаженной и насыщенной кислородом системах (рис.1а, кривые 1,3).

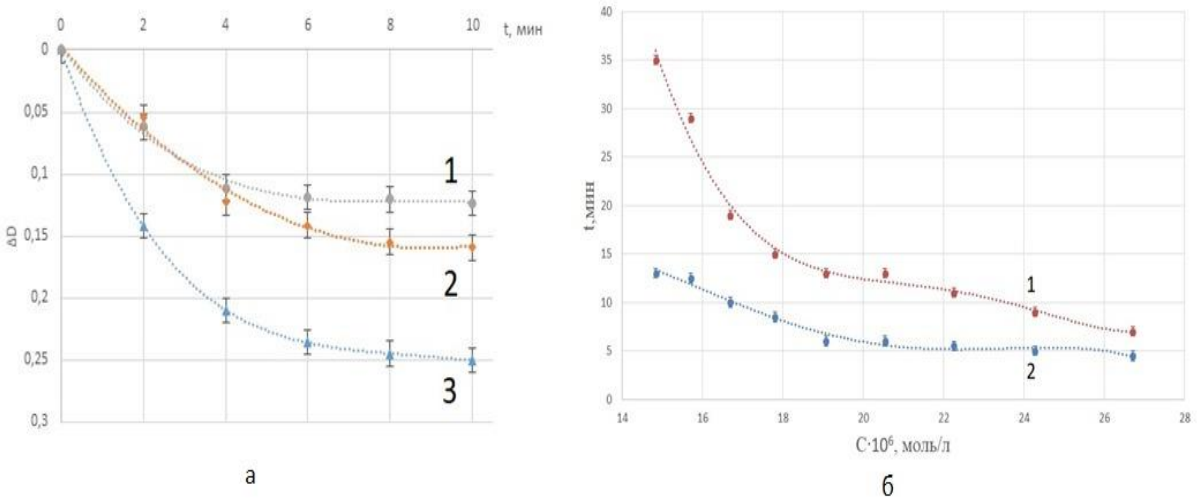


Рис. 1. а) Влияние кислорода на кинетику реакции, система: 1 – насыщенная кислородом, 2 – стандартная, 3 – дегазированная. б) Зависимость периода полуреакции от концентрации красителя для систем: 1 – насыщенной кислородом, 2 – стандартной.

Можно сделать вывод, что концентрация растворенного кислорода существенно влияет на кинетику реакции деколоризации метиленового синего с аскорбиновой кислотой. Из рис. 1а следует, что в системе с пониженным содержанием кислорода скорость течения реакции обесцвечивания возрастает.

Был проведен эксперимент по влиянию концентрации красителя на период полуреакции в насыщенной кислородом и в стандартной жидких средах: в первой период полуреакции значительно больше (рис. 1б). С увеличением концентрации красителя кривые стремятся друг другу. Это объясняется пределом растворимости кислорода в жидкости.

Для образования лейкоформы красителя ему необходимо получить 2 электронно-протонные пары.

$Mc^+ + e^- \rightarrow Mc^0$

$Mc^0 + p^+ \rightarrow McH^+$

$McH^+ + e^- \rightarrow McH$

$McH^+ + p^+ \rightarrow McH^+_2$

Наличие в реакционной среде кислорода приводит к реакции восстановления красителя.

$4McH^+ + O_2 \rightarrow 4Mc^+ + 2H_2O$

$2McH^+_2 + O_2 \rightarrow 2Mc^+ + 2H_2O$

Следовательно, одновременно с восстановлением красителя аскорбиновой кислотой идет окисление кислородом, в зависимости от концентрации кислорода, меняется скорость окисления красителя. Т.е., низкочастотные колебания приводят к насыщению жидкой среды кислородом.

Главным результатом является доказательство протекания реакции окисления красителя кислородом, происходящая одновременно с восстановлением красителя кислотой. Описан механизм реакции - внутри реакционной среды должны накапливаться промежуточные продукты реакции (радикалами).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-33-90152

Funding: The reported study was funded by RFBR, project number 20-33-90152

1. Фадеев Г.Н., Болдырев В.С., Ермолаева В.И. Биологически активные клатраты амилоиодин и амилопектоиодин в поле низкочастотных акустических воздействий (Доклады академии наук, 2012, Т. 446, № 4, С. 446-470)
2. Болдырев В.С., Ермолаева В.И., Синкевич В.В., Фадеев Г.Н. Дестабилизация соединений хелатной структуры поливинилпирролидон-иода в поле низкочастотных воздействий (Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана, Сер. Естественные науки, 2017, № 4, С.90-99. DOI: 10.18698/1812-3368-2017-4-90-99)
3. Фадеев Г.Н., Болдырев В.С., Аверина Ю.М., Богатов Н.А. Обработка поверхности металлов в поле низкочастотных воздействий (Цветные металлы, 2019, № 10, С. 73-77)
4. Фадеев Г.Н., Болдырев В.С., Богатов Н.А., Николаев А.Л. Ингибирование окислительно-восстановительной реакции в поле низкочастотных воздействий (ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК, 2019, Т. 487. № 3, С. 45–48)
5. 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)

STABLE LEAD ISOTOPIC RATIOS IN SURFACE DEPOSITED SEDIMENT AS INDICATOR OF URBAN GEOCHEMICAL PROCESSESS

Reutova N. [1], Seleznev A. [1,2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

[2)] Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia

E-mail: Sandrian@rambler.ru

The objective of the study was to assess the isotopic ratios Pb-204/Pb-206, Pb-207/Pb-206, Pb-208/Pb-206 and analyze their availability to indicate contemporary geochemical processes in urban surface deposited sediments. The study was conducted on the example of five Russian cities.

Urban surface deposited sediments (USDS) play an important role in the processes of geochemical transformation of the urban environment [1]. The content of heavy metals in the sediments is the indicator of environmental aspects of this transformation. When studying the pollution of the sediments with Pb, the additional information is provided analyzing the relations with Pb stable isotopic ratios. The isotopic ratios Pb-

204/Pb-206, Pb-207/Pb-206, Pb-208/Pb-206 were determined in the surface sediments from five Russian cities: Nizny Tagil (48 samples), Ufa (43), Magnitogorsk (41), Tyumen (42), and Chelyabinsk (60). The USDS samples were collected during the summer period 2016-2018 from local surface depressed areas of microrelief in residential districts of the cities. The concentrations of typomorphic macro- and microelements, potentially harmful elements (Pb, Cu, and Zn) were also measured in the collected samples. At the first stage of the analysis, the initial geochemical baseline conditions for USDS were determined. A part of the samples was classified as polluted with Pb; for a part of the samples, no changes in the initial geochemical conditions were found. An analysis of Pb isotopic ratios for 'polluted' and 'clean' samples allowed drawing the following conclusions. In a group of polluted samples compared to clean in all cities, there is a decrease in the relative contribution of Pb-206 to total Pb content compared with Pb-204, Pb-207, and Pb-208. In the group of samples polluted with Pb, isotopic ratio Pb-208/Pb-206 is shifting towards the values characteristic to leaded gasoline which was used in Russia before 1995: isotopic ratios in A-76 gasoline Pb-207/Pb-206 - 0.8811, Pb-208/Pb-206 - 2.129. For example, in Ufa, the ratios Pb-207/Pb-206 and Pb-208/Pb-206 in clean samples were 0.849 and 2.085, respectively, when 0.857 and 2.100 in polluted respectively. The shift in isotopic ratios was the same in all cities. In Nizhny Tagil the largest ratios of Pb-207/Pb-206 were obtained both in polluted and clean samples in comparison with other cities. Nizhny Tagil is one of the cities with the highest levels of Pb pollution in Russia. Thus, in the cities, there was pollution of surface sediment with Pb, which may be associated with the use of leaded gasoline as fuel for vehicles before it was banned. Lead is still remaining in the environmental compartments in an urban area. The analysis confirmed that USDS is a sensitive indicator of the environmental state of the urban environment.

The reported study was funded by RFBR, project number 19-35-60011.

1. Seleznev, A.A.; Yarmoshenko, I.V.; Malinovsky, G.P. Urban geochemical changes and pollution with potentially harmful elements in seven Russian cities. Sci. Rep. 2020, 10, 1668.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛЕРОДА И ДРУГИХ КОМПОНЕНТОВ ЧУГУНОВ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА

Шихалеева М.А. [1], Абрамов А.В. [1], Ившина А.А. [1], Шак А.В. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
E-mail: marisha.shikhaleeva@mail.ru

DETERMINATION OF CARBON AND OTHER COMPONENTS OF CAST IRONS BY XRF

Shikhaleeva M.A. [1], Abramov A.V. [1], Ivshina A.A. [1], Shak A.V. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A technique has been developed for the determination of carbon and other chemical elements in cast irons using X-ray fluorescence analysis. Calibration curves were calculated for each analyte, the correctness and accuracy of the determination of elements were determined.

Чугуны являются важной составляющей металлургии, которая считается одной из основных отраслей промышленности и обеспечивает человечество конструкционными материалами. Имеющийся в составе чугунов углерод оказывает существенное влияние на их свойства. [1] Важно правильно определять углерод и другие входящие в состав чугунов элементы. На сегодняшний день рассматриваемые материалы анализируются в большинстве случаев методом дуговой атомно-эмиссионной спектрометрии. Развитие современной техники позволяет выполнить данный анализ с помощью волновой рентгенофлуоресцентной спектрометрии. Целью данного исследования являлась оценка возможности определения углерода и других элементов, входящих в состав чугунов (As, Ca, Cr, Cu, Mn, S, Si, Ti, V).

Методика разрабатывалась с использованием волнодисперсионного спектрометра ARL ADVANT'X 4200. В процессе исследования применялись стандартные образцы Института стандартных образцов, включающие комплекты ЧГ1д-ЧГ6д и ЧГ50-ЧГ55. Были выбраны условия возбуждения и регистрации аналитического сигнала для каждого исследуемого элемента, построены градуировочные зависимости, проведена оценка информационных и метрологических показателей методики, таких как экспрессность, правильность и точность определения. Было показано, что данным методом можно определять химический состав чугунов, в том числе содержание углерода.

1. Металлургия чугуна. Учебник для вузов | Вегман Е.Ф., Жеребин Б.Н., Похвиснев А.Н. Москва: «Академкнига», 2004

АДСОРБЦИЯ ХРОМА (VI) НА МОНТМОРИЛЛОНИТЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ НАНОЖЕЛЕЗОМ

Шиленко Г.А. [1], Ординарцев Д.П. [2], Денисова Э.И. [1],
Ким А.В. [2], Бубекова А.К. [2]
[1)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: g_shilenko@mail.ru

ADSORPTION OF CHROMIUM (VI) ON MONTMORILLONITE MODIFIED BY NANO-IRON

Shilenko G.A. [1], Ordinartsev D.P. [2], Denisova E.I. [1], Kim A.V. [2], Bubekova A.K. [2]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The paper presents a method for the synthesis of the composite montmorillonite sorbent with zero valent nano-iron for chromium (VI) adsorption. A method for determination of active iron nanoparticles in a composite sorbent by titration is proposed.

Загрязнение природных и сточных вод шестивалентным хромом представляет огромную опасность для живых организмов из-за высокой токсичности. Его соединения могут вызывать аллергенное, канцерогенное, общетоксическое и мутагенное действие. В силу этих причин исследования по удалению хрома из сточных вод являются на сегодняшний день актуальными. Существует целый ряд методов удаления хрома (VI) из водных растворов: электрофлотация, коагулирование, реагентное осаждение, адсорбция [1].

Адсорбционные методы являются одними из самых распространенных методов для удаления остаточных концентраций Cr (VI) из сточных вод, например при помощи активированного угля [2] и композитных сорбентов [3]. Композитные сорбенты являются достаточно новым типом адсорбционных материалов. Ярким примером композитного сорбента является модифицированный монтмориллонит. Монтмориллонит — это высокодисперсный слоистый алюмосиликат, представляющий собой трёхслойный пакет (2:1): два слоя кремнекислородных тетраэдров, обращённые вершинами друг к другу, с двух сторон покрывают слой алюмогидроксильных октаэдров. Монтмориллонит обладает слоистой структурой, именно поэтому он является перспективным материалом для использования его в качестве неорганической матрицы при создании композитных сорбентов[4].

Данная работа посвящена созданию и изучению свойств сорбента на основе монтмориллонита, модифицированного наночастицами железа. Основой синтеза композитного сорбента монтмориллонита с наночастицами железа является реакция восстановления хлорида железа (II) с гидразингидратом. Принципиальная схема синтеза приведена на рисунке 1.

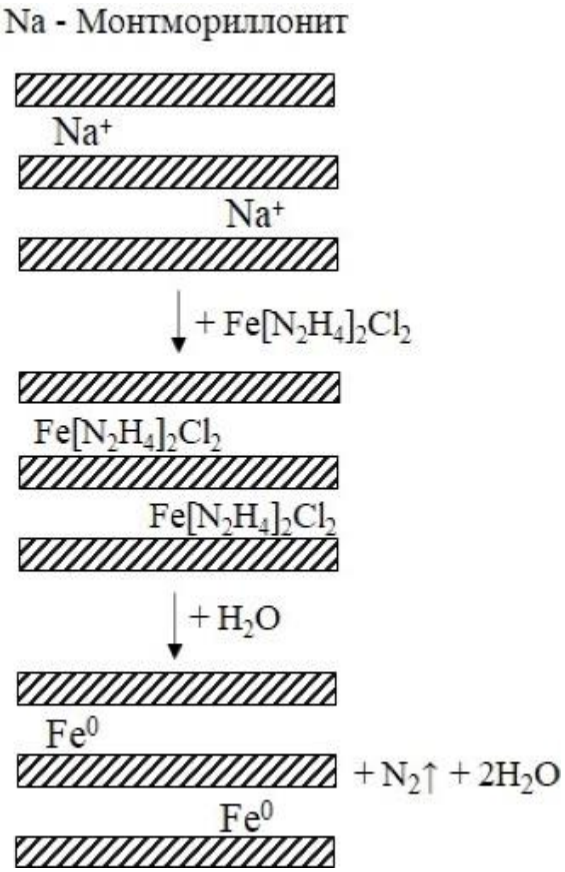


Рис. 1. Схема интеркаляционного синтеза композитного сорбента

Предложена методика количественного определения активных наночастиц железа титрованием. Предел обнаружения наночастиц железа составил 0,02 масс.%. Устранено мешающее действие остаточного количества гидразин гидрата на результат титриметрического определения. Исследована адсорбция хрома на новом композитном сорбенте. Определены физико – химические параметры процесса адсорбции. По физико-химическим параметрам адсорбцию можно отнести к химической, т.к. хром образует с наночастицами железа малорастворимое химическое соединение. Остаточная концентрация хрома при адсорбции наножелезом из модельного раствора составила менее 0,1 мг/л.

Работа выполнена по Государственному заданию ИМЕТ УрО РАН в рамках Программы фундаментальных исследований государственных академий по теме 0396-2019-0001.

1. Баширов В. Д. и др. Современные методы обследования различных комплексов очистных сооружений. – 2018.
2. Климова О. В. Процессы и аппаратурное оформление очистки сточных вод от ионов хрома (VI) углеродными адсорбентами: дис. – Уфим. гос. нефтяной техн. ун-т, 2015.
3. Шайкимова А. К. НОВЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ СОРБЕНТЫ В ПРОЦЕССАХ ДООЧИСТКИ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД //Сборник материалов III Молодежного Экологического Форума. – 2015. – С. 84-84.
4. Atia A. A. Adsorption of chromate and molybdate by cetylpyridinium bentonite //Applied Clay Science. – 2008. – Т. 41. – №. 1-2. – С. 73-84.

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ КОМПОЗИТОВ (1-X)$Eu_2(WO_4)_3$-XWO_3

Шульга О.С. [1], Пестерева Н.Н. [1], Гусева А.Ф. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: itakun97@gmail.com

ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF COMPOSITES (1-X)$Eu_2(WO_4)_3$-XWO_3

Shulga O.S. [1], Pestereva N.N. [1], Guseva A.F. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The composite materials (1-x)$Eu_2(WO_4)_3$ – xWO_3 (0–0.50 mol.fraction) were obtained by the solid phase method. It was shown that heterogeneous doping of europium tungstate with dispersed additive (semiconductor WO_3) leads to an increase in the ionic conductivity of the resulting composite by an order of magnitude.

Работа посвящена исследованию электропроводности композитов (1-x)$Eu_2(WO_4)_3$ – xWO_3 в зависимости от объемного содержания оксида вольфрама, температуры и давления кислорода в газовой фазе методом электрохимического импеданса. Для получения композитов использовали WO_3 (ОСЧ 11-20) и $Eu_2(WO_4)$, синтезированный по керамической технологии, однофазность которого была подтверждена методом РФА.

Установлено, что добавление небольшого количества (до мол. 15%) электронного проводника WO_3 к вольфрамату европия приводит к существенному увеличению ионной проводимости в области высоких температур (выше 800 °C). При температуре ниже 800 °C электропроводность композитов близка к проводимости чистого вольфрамата европия. При добавлении более 15 мол. % WO_3 электропроводность композитов резко возрастает за счет электронной составляющей, приближаясь к проводимости WO_3.

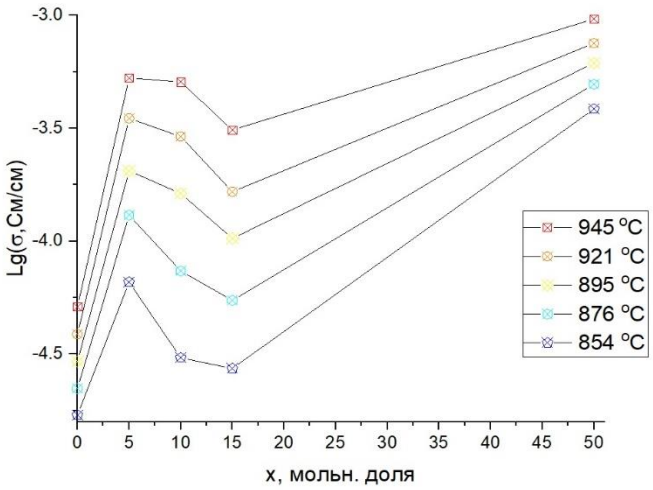


Рис. 1. Концентрационные зависимости проводимости Eu2(WO4)3 и композитов.

Концентрационные зависимости проводимости $(1-x)Eu_2(WO_4)_3 – xWO_3$ имеют немонотонный характер (рис. 1), максимум проводимости зафиксирован при содержании WO_3 5 мол.%.

Проводимость композита данного состава приблизительно на порядок выше проводимости вольфрамата европия. Таким образом, композитный эффект в исследуемой системе присутствует. Причиной возрастания ионной проводимости в исследуемой гетерогенной системе $Eu_2(WO_4)_3–WO_3$ при добавлении электронного проводника WO_3, вероятно, является образование поверхностной микрофазы с высокой ионной проводимостью при твердофазном растекании WO_3 по поверхности зерен $Eu_2(WO_4)_3$. Аналогичный эффект был обнаружен ранее для системы $Sm_2(WO_4)_3 – WO_3$ [1].

1. А.Ф. Гусева, Н.Н. Пестерева, Е.Л. Вострotина, Д.Д. Отческих, Д.А. Лопатин Электрохимия, 56, 475–480 (2020).

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОДОВ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ НА ОСНОВЕ НАНОТРУБОК ДИОКСИДА ТИТАНА И УГЛЕРОДА

Силенков С.Е. [1], Потанина М.Д. [1], Мартемьянов Н.А. [1],
Камалов Р.В. [1], Вохминцев А.С. [1], Вайнштейн И.А. [1,2]
[1)] НОЦ НАНОТЕХ, Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: s.e.silenkov@urfu.ru

CHARACTERISTICS OF SUPERCAPACITORS ELECTRODES BASED ON TITANIA AND CARBON NANOTUBES

Silenkov S.E. [1], Potanina M.D. [1], Martemyanov N.A. [1], Kamalov R.V. [1],
Vokhmintsev A.S. [1], Weinstein I.A. [1,2]
[1)] NANOTECH CENTER, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

TiO_2-NT and CNT based electrodes have been fabricated by anodizing and pyrolysis and characterized by scanning electron microscope. Electrochemical performances such as specific capacitance, energy and power have been calculated in frame of the galvanostatic charge-discharge curves analysis.

Нанотубулярные структуры на основе диоксида титана (TiO_2-НТ) являются перспективной матрицей при создании электродов для устройств накопления и хранения энергии, а именно, суперконденсаторов (ионисторов) [1, 2]. Емкость таких устройств увеличивают, модифицируя массивы нанотрубок путем термического отжига и/или обработкой в плазме, а также создавая композиты на основе

TiO_2-НТ электродов [1–3]. Цель данной работы заключалась в синтезе и исследовании электрохимических характеристик исходных и модифицированных углеродными нанотрубками (УНТ) электродов TiO_2-НТ методом гальваностатического заряда-разряда (ГЗР) при помощи разработанного виртуального прибора в LabVIEW.

Синтез электродов TiO_2-НТ осуществлялся методом анодирования в двухэлектродной ячейке в потенциостатическом режиме при напряжении 60 В и температуре 20 °С в электролите на основе этиленгликоля с добавками фторида аммония и воды [3]. Исследовалось два типа электрода: на основе термически обработанных TiO_2-НТ (Э1) и на основе композита УНТ/TiO_2-НТ, допированного УНТ методом пиролиза этанола (Э2). Кроме того, был собран прототип суперконденсатора из двух электродов Э1, разделенных сепаратором, пропитанным водным раствором NaOH. Морфологические параметры оксидных слоев изучались на растровом электронном микроскопе SIGMA VP Carl Zeiss. Определение электрохимических характеристик электродов проводилось методом ГЗР при варьировании тока в диапазоне 5–100 мкА.

Показано, что синтезированные слои TiO_2-НТ представляют собой массивы вертикально ориентированных на подложке нанотрубок длиной 3.5 мкм, с внутренним диаметром 70–80 нм и толщиной стенок 30-40 нм. УНТ диаметром 10-30 нм и длиной от десятков нм до десятков мкм располагаются на поверхности оксидного слоя.

Продемонстрировано, что экспериментальные ГЗР-кривые исследуемых электродов имеют пилообразную форму и демонстрируют почти линейное изменение напряжения в диапазоне –0.8÷1.4 В. Определены значения удельных емкостей при варьировании тока для электродов Э1 и Э2 – 8–96 мкФ/см^2 и 1.8–2 мФ/см^2, соответственно. Также были измерены ГЗР-кривые для суперконденсатора и определена его удельная емкость 4.3–16.5 мкФ/см^2, рассчитаны значения удельных величин для энергии 0.6–11.1 мкВт*ч/см^2 и мощности 4.0–7.2 мВт/см^2. Полученные данные удовлетворительно согласуются с независимыми исследованиями [1, 2] модифицированных электродов на основе нанотрубок диоксида титана.

Исследование выполнено в рамках инициативного научного проекта FEUZ-2020-0059 Минобрнауки РФ.

1. D. Pan et al., J. Mater. Chem. A, 2, 11454 (2014).
2. X. Liu et al., Nano Lett., 12, 1690−1696 (2012).
3. R.V. Kamalov et al., Adv. Sci. Lett., 22, 688–690 (2016).

ПГУ-ТЭЦ С ПОНИЖЕННЫМ УГЛЕРОДНЫМ СЛЕДОМ

Симанов Н.А. [1], Масленников Г.Е. [1], Лазебный И.П. [1], Рыжков А.Ф. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: nikitajui@mail.ru

CCGT-CHP WITH A REDUCED CARBON FOOTPRINT

Simanov N.A. [1], Maslennikov G.Y. [1], Lazebny I.P. [1], Ryzhkov A.F. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The issues of creating energy-efficient and environmentally friendly energy generation technologies based on fossil fuel, solid based waste is considered. A comprehensive technology has been proposed to utilize regional industrial waste together with the Thermal Power Plant CO2 emissions.

На начальном этапе развития методов снижения углеродного следа энергоустановок активно развивался метод улавливания и захоронения CO_2 (CCS). Прорывом в данном направлении стало развитие циклов со сверхкритическим CO_2, характеризующихся минимальными потерями на очистку и сжатие отправляемого на захоронение CO_2. Однако проблемы удовлетворения требований экологической безопасности и коррозионной надежности транспортирующего оборудования, трудности принятия общественностью, вопросы мониторинга секвестрированного CO_2 являются препятствиями для внедрения методов CCS.

Другое направление снижения выбросов CO_2 представлено методами улавливания и промышленной утилизации CO_2 (CCU). К сожалению, большинство данных методов, например производство метанола, лишь отсрочивает выброс CO2 в атмосферу, а не предотвращает полностью. Кроме того, уже существующие методы предъявляют к сырьевому CO_2 высокие требования по чистоте и давлению [1].

В последние годы интенсивно развиваются альтернативные варианты утилизации CO_2, как показано в работе [2]. Уникальным и перспективным вариантом утилизации CO_2, сочетающего низкие требования к чистоте и давлению CO_2 (вплоть до атмосферного) с возможностью его перманентного связывания и изоляции от атмосферы, является технология минерализации углекислого газа путем карбонизации материалов с повышенным содержанием основных оксидов: горные породы, золошлаковые отходы (ЗШО), отходы строительной индустрии и др. Основной механизм минерализации CO_2 осуществляется в два этапа – гидратация щелочных оксидов, например, оксида кальция и их карбонизация в соответствии со следующими брутто-реакциями:

$$CaO+H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$
$$Ca(OH)_2+CO_2 \rightarrow CaCO_3+H_2O$$

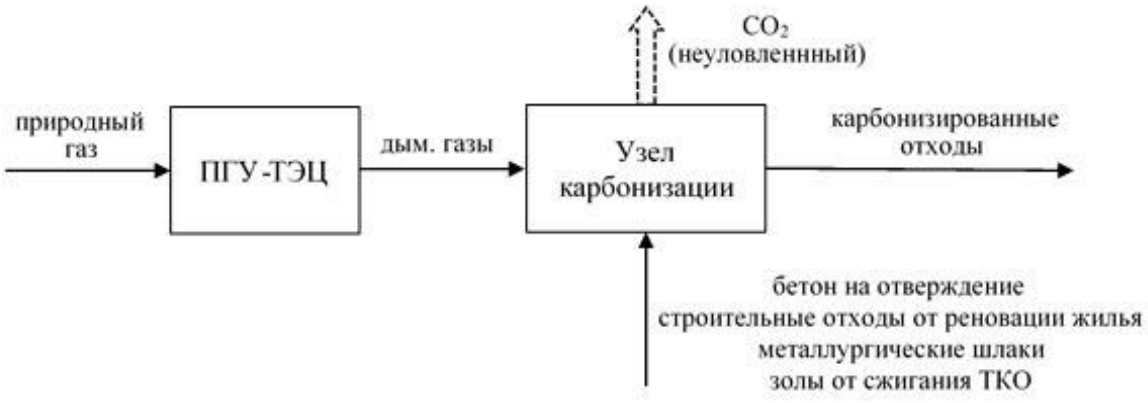


Рис. 1. Условная схема исследуемой энергоустановки.

Объектом исследования является энергоустановка, представленная на рис. 1. Она включает в себя утилизационную ПГУ с теплофикационной установкой и узел карбонизации CO_2 из дымовых газов. Анализ эффективности схемы выполняется с использованием программного комплекса COCO Simulator. В основе технологии карбонизации лежит полусухой процесс, предложенный в [3].

Вовлечение в процесс химического рециклинга региональных ресурсов (золошлаки иных производств, строительные отходы программ реновации жилья и др.) может сократить углеродный след в продукции ПГУ-ТЭЦ на 70-90%, поднять конкурентоспособность теплоэлектрогенерации на оптовом рынке и за счет решения проблемы утилизации промышленных отходов заметно сократить углеродный след в продукции металлургических и строительных производств, поднять степень безотходности ТЭС по выбросам CO_2 до 70-90%.

Возможность решения в рамках одного технологического процесса многофакторной задачи локального и глобального уровня может обеспечить перспективность и коммерческую привлекательность настоящего предложения.

1. A. F. Ryzhkov, T. F. Bogatova, G. E. Maslennikov, P. V. Osipov and V. A. Nizov. J. Phys.: Conf. Ser. 1677 012115 (2020).
2. H.-J. Ho, A. Iizuka, and E. Shibata. Ind. Eng. Chem. Res. 58, 8941−8954 (2019).
3. K. J. Reddy, H. Weber, P. Bhattacharyya, A. Morris, D. Taylor, M. Christensen, T. Foulke and P. Fahlsing. Nat. Prec. (2010).

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF CONTROLLED TWO-JET PRECIPITATION CONDITIONS ON THE PROPERTIES OF ALUMINUM OXIDE

Solodovnikova P.A. [1], Mashkovtsev M.A. [1], Osolihina A.Y. [1]
[1)] Department of Rare Metals and Nanomaterials, Institute of Physics and Technology, UrFU
E-mail: sol_polina@e1.ru

The authors synthesized samples of aluminum hydroxide by the method of controlled two-jet precipitation under various conditions, followed by thermal decomposition to aluminum oxides. It was found that the pH value of synthesis significantly affects the physicochemical properties of samples.

The widest use of aluminum oxide is due to the availability and structural features of its modifications. The valuable properties of the material ensure a steady demand for it in various industries.

The ability to control such important characteristics as surface texture, phase and chemical composition is one of the main tasks in the development of methods for the synthesis of active aluminum oxide.

One of the suitable synthesis methods for the ability to control the characteristics of aluminum oxide is the method of controlled two-jet deposition. Features of the method of controlled two-stream deposition allow to influence the properties of the final product and obtain oxides with the required characteristics.

Precipitation was carried out at constant pH. In the course of the work, 5 samples were obtained, which differed in the conditions of synthesis, namely, in the pH values of the medium (5, 6, 7, 8, 9).

It was found that the pH of the precipitation significantly affects the physicochemical properties of aluminum hydroxides.

Hydroxides precipitated at constant pH values equal to 5 and 6 are not prone to gelation, they are well filtered, and they are not prone to aggregation during drying and firing. The oxides obtained from them have the minimum values of the specific surface area, pore volume, and pore diameter considered.

Hydroxides precipitated at constant pH values of 7, 8, and 9 are prone to gelation, poorly filtered, and strongly aggregate during drying and firing. The oxides obtained from them have high values of specific surface area, volume and pore diameter.

It is noted that particles of aluminum hydroxide precipitated at pH = 6 grow systematically in a multilayer process during the entire deposition. It was assumed that the aggregation during deposition occurs in the pH range close to the pH of isoelectric point of aluminum hydroxide.

The main difference between the samples in IR spectra is the intensity of the nitrate peaks. With an increase in pH, an increase in the intensity of the nitrate peak is observed, therefore, an increase in NO_3^- ions. It was also found that with increasing pH, the intensity of carbonate peaks increases.

According to X-ray phase analysis, it was found that with an increase in the pH of precipitation, the size of crystallites increases, which is in agreement with theory.

It was found that the samples with washing had a specific surface area lower on average by 10-15 m^2/g than samples without washing, and the average pore diameter was larger.

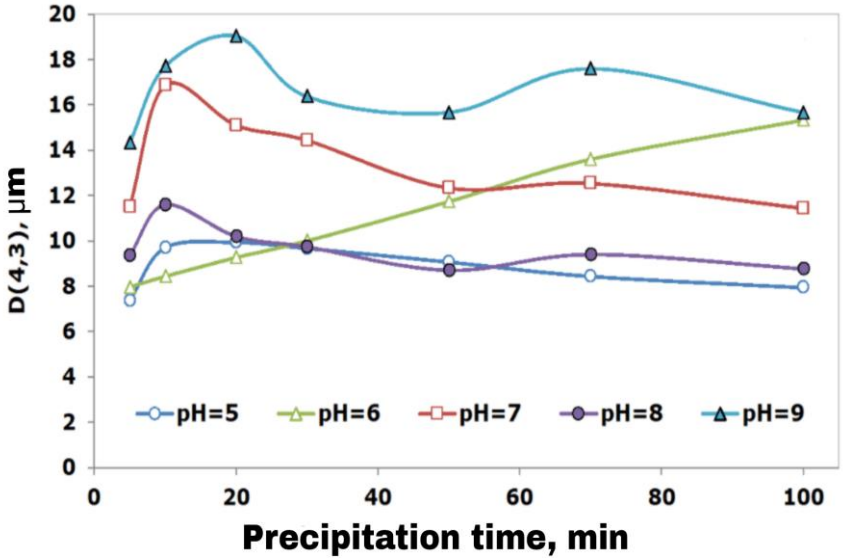


Fig. 1. Change in the average particle diameter of the suspension during the precipitation process in accordance with the selected pH of the synthesis

1. Пахомов Н.А. Научные основы приготовления катализаторов: введение в теорию и практику / Н.А. Пахомов; отв. ред. В.А. Садыков. Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т катализа им. Г.К. Борескова. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011
2. Исмагилов З.Р., Шкрабина Р.А., Корябкина Н.А. Алюмооксидные носители: производство, свойства и применение в каталитических процессах защиты окружающей среды: Аналит. обзор / СО РАН. ГПНТБ; Ин-т катализа им. Г.К. Борескова. - Новосибирск, 1998
3. Чукин Г.Д. Строение оксида алюминия и катализаторов гидрообессеривания. Механизмы реакций. М.: Типография Паладин, 2010; Кащеев И.Д. Полиморфизм в оксидных материалах: Учебное пособие/ Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2001
4. Tripathy S.S., Raichur Ashok M. Abatement of Fluoride from Water Using Manganese Dioxide-coated Activated Alumina. Journal of Hazardous Materials. 2008, 153, 1043–1051
5. Дзисько В.А., Иванова А.С. Основные методы получения активного оксида алюминия. // Изв. СО АН СССР, Сер.хим. наук. 1985. М215, вып.5, с.110

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАЛЛАДИЯ ИЗ РАСПЛАВОВ ЭВТЕКТИЧЕСКОЙ СМЕСИ ХЛОРИДОВ ЛИТИЯ, КАЛИЯ И ЦЕЗИЯ

Стрепетов К.Е. [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

PALLADIUM REDUCTION FROM MOLTEN EUTECTIC MIXTURE OF LITHIUM, POTASSIUM AND CAESIUM CHLORIDES

Strepetov K.E. [1], Volkovich V.A. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Palladium reduction processes were studied employing cyclic voltammetry technic. LiCl–KCl-CsCl eutectic melt was used as a solvent. Temperature dependences of standard palladium deposition potentials were determined in the temperature range of 300–800ºC.

Расплавы на основе смесей хлоридов щелочных металлов могут быть использованы в качестве рабочих сред для пирохимической переработки отработавшего ядерного топлива. Одной из технологических операций является разделение делящихся материалов и продуктов деления, к которым относится палладий. Достоверные данные об электрохимических свойствах палладия и продуктов деления необходимы для разработки и оптимизации технологических процессов.

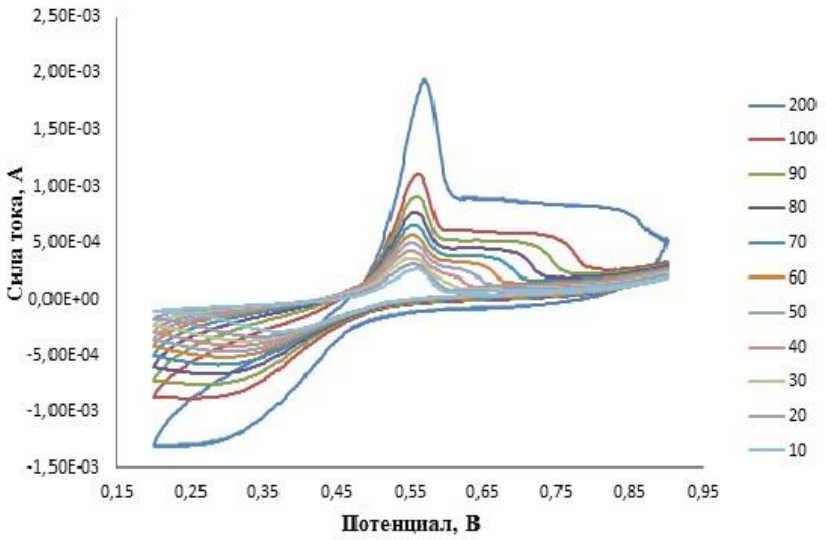


Рис. 1. Циклические вольтамперограммы, полученные в расплаве LiCl–KCl–CsCl–$PdCl_2$: T = 400 ºC, рабочий торцевой электрод – стеклоуглерод, электрод сравнения – Ag/AgCl. Скорость поляризации рабочего электрода (мВ/с) приведена на графике для каждого набора данных.

В настоящей работе методом циклической вольтамперометрии исследовано электрохимическое поведение палладия в расплавах на основе эвтектической

смеси хлоридов лития, калия и цезия в широком температурном интервале 300–800 °С. В качестве материала рабочего электрода использовали стеклоуглерод. В хлоридных расплавах палладий присутствует в виде ионов в степени окисления +2 [1]. Пример циклических вольтамперограмм, зарегистрированных в палладийсодержащем расплаве, представлен на рисунке 1. На вольтамперограммах присутствует один катодный и один анодный пик, соответствующие восстановлению ионов Pd(II) до металла и окислению выделевшегося палладия соответственно. По результатам анализа циклических вольтамперограмм были определены потенциалы выделения палладия из расплава эвтектической смеси LiCl–KCl–CsCl.

1. K. E. Strepetov, A. A. Osipenko and V. A. Volkovich, AIP Conference Proceedings, 2313, 050033 (2020).

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИКИ СОРБЦИИ СТРОНЦИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИМ СОРБЕНТОМ ТЕРМОКСИД-3К

Суетина А. К. [1], Воронина А. В. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: annasuetina@mail.ru

INVESTIGATION OF THE STATICS OF STRONTIUM SORPTION USING THE INORGANIC SORBENT THERMOXID-3K

Suetina A. K. [1], Voronina A. V. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The sorption of Sr-90 by the Thermoxid-3K sorbent from water containing dissolved calcium and sodium salts under static conditions was studied. It was shown that at a concentration of calcium 50 mg/l and sodium 0,0001 M the effect of these macro components on strontium sorption is absent.

Объекты, связанные с эксплуатацией ядерных энергетических установок представляют потенциальную опасность для населения и окружающей среды. Искусственные радионуклиды продолжают поступать в объекты гидросферы, несмотря на меры борьбы с загрязнениями. Sr-90 является одним из опасных и долгоживущих радионуклидов, обуславливающих высокую активность отработанного ядерного топлива и радиоактивных отходов. Наиболее эффективными и экономически оправданными для извлечения из растворов Sr-90 являются сорбционные методы. При этом большие перспективы имеют неорганические сорбенты как наиболее селективные.

В работе исследована статика сорбции стронция поверхностно-модифицированным гидроксидом циркония марки Т-3К, производства ПНФ «Термоксид».

Была проведена сорбция стронция из растворов, содержащих ионы кальция и натрия. Концентрации кальция и стронция измеряли на масс-спектрометре NexION 350X, используя для обработки результатов программу TotalQuant. Измерения Sr-90 проводили с использованием полупроводникового альфа-бета радиометра УМФ-2000.

Максимальные коэффициенты распределения (K_d) стронция и кальция достигаются в растворах с концентрацией кальция 1 мг/л и составляют соответственно $1{,}5 \cdot 10^5$ и $1{,}5 \cdot 10^4$ мл/г. На рис. 1 представлена зависимость коэффициента разделения стронция и кальция от концентрации кальция в растворе. Максимальный коэффициент разделения составляет 13, что даёт возможность разделения стронция и кальция в статических условиях.

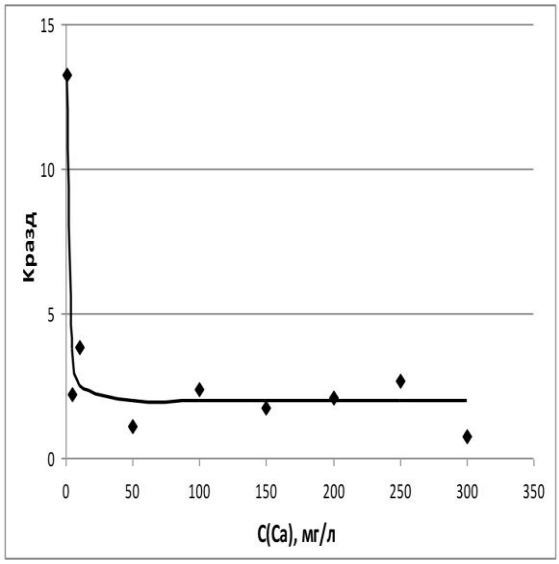


Рис. 1. Зависимость коэффициента разделения стронция и кальция от концентрации кальция в растворе

При концентрации кальция в растворе больше 50 мг/л коэффициенты распределения стронция и кальция остаются постоянными: $\lg K_{d\ (Sr)}=4{,}2$, $\lg K_{d\ (Ca)}=3{,}8$ мг/л. Влияние натрия на сорбцию стронция не наблюдается при концентрации натрия в растворе ≥0,0001 моль/л, при этом K_d составляет $\sim 10^4$ мл/г.

Изотерма сорбции стронция сорбентом Т-3К из слабоминерализованной воды на всем рассматриваемом интервале концентраций имеет вид изотермы Лэнгмюра. Генриевский коэффициент распределения стронция составляет $1{,}3 \cdot 10^3$ мл/г, статическая обменная ёмкость сорбента 30 мг/г.

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

ПОЛУЧЕНИЕ ДИОКСИД ЦИРКОНИЕВЫХ ПОРОШКОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕЙ КЕРАМИКИ

Султанова Д.Т. [1], Хорошавцева Н.В. [1], Зебзеева А.А. [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: remarkable-di@mail.ru

PRODUCTION OF ZIRCONIUM DIOXIDE POWDERS FOR ELECTRIC CONDUCTIVE CERAMICS

Sultanova D.T. [1], Khoroshavceva N.V. [1], Zebzeyeva A.A. [1], Mityoshova Y.A. [1], Denisova E.I. [1], Kartashov V.V. [1], Denisova O.V. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Powders ZrO_2-Er_2O_3-Gd_2O_3, ZrO_2-Y_2O_3-Sm_2O_3, ZrO_2-Y_2O_3-Gd_2O_3 and ZrO_2-Y_2O_3-Yb_2O_3 with various content of stabilizing additives are obtained, intended for the manufacture of ceramics and measurement of its electrical conductive properties.

Свойства материалов на основе диоксида циркония во многом определяются оксидами, используемыми в качестве стабилизаторов высокотемпературных модификаций ZrO_2. Интерес представляет керамика, где диоксид циркония помимо оксида иттрия стабилизирован другими оксидами – Sc_2O_3, Gd_2O_3, Sm_2O_3, Yb_2O_3, Er_2O_3 и др. Эти добавки, участвующие в формировании кристаллической структуры диоксида циркония, приводят к изменению типу проводимости, улучшению свойств материала, повышению их стабильности. Данные материалы находят широкое применение в качестве компонентов топливных элементов, газовых сенсоров.

В данной работе были получены серии порошков ZrO_2-Er_2O_3-Gd_2O_3, ZrO_2-Y_2O_3-Sm_2O_3, ZrO_2-Y_2O_3-Gd_2O_3 и ZrO_2-Y_2O_3-Yb_2O_3 с различным содержанием стабилизирующих добавок. Их получали из растворов азотнокислых солей методом обратного соосаждения гидроксидов. Отжиг порошков проводили по режиму нагрев до температуры 900 °С, выдержка в течение 1 часа, охлаждение в печи до 500 °С.

Значение удельной поверхности частиц варьировалось от 25,5 до 30 $м^2/г$. Порошки имели достаточно широкий, но примерно одинаковый гранулометрический состав: <5 мкм – 3 %, 5-20 мкм – 16 %, 20-50 мкм – 45 %, 50-80 мкм – 25 %, 80-100 мкм – 7 % и 100-200 мкм – 4 %.

В зависимости от количества стабилизирующих добавок сильно различался фазовый состав порошков. В некоторых образцах наблюдали либо кубическую, либо тетрагональную фазы ZrO_2, в ряде образцов фазовый состав был смешанным: моноклинно-тетрагональный или моноклинно-кубический.

Полученные порошки предназначены для изготовления прессованием и спекание компактных образцов и дальнейшего измерения электропроводящих свойств керамики.

ИЗУЧЕНИЕ СЕЛЕКТИВНЫХ СВОЙСТВ ТИОКАРБАМОИЛИРОВАННОГО ПРОПИЛПОЛИСИЛОКСАНА

Сысолятина А. А. [1], Мельник Е. А. [1,2], Холмогорова А. С. [1],
Неудачина Л. К. [1], Осипова В. А. [3]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] УНИИМ-филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
[3)] Институт органического синтеза им. Постовского, РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: fenisam31@gmail.com

THE STUDY OF THE SELECTIVE PROPERTIES OF THIOCARBAMOYLATED PROPYLPOLYSILOXANE

Sysoliatina A. A. [1], Melnik E. A. [1,2], Kholmogorova A. S. [1],
Neudachina L. K. [1], Osipova V. A. [3]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] UNIIM - Affiliated branch of the D.I. Mendeleyev Institute for Metrology, Russia, Yekaterinburg
[3)] Institute of Organic Synthesis, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The sorption of Pd(II) on thiocarbamoylated propylpolysiloxane reaches the maximum value at pH=2.5, the highest degree of recovery of Au(III), Pt(IV) is observed in the pH=3—4 range with the combined presence of metal ions in the solution. The separation of Au(III) from platinum ions can be at pH=6.

Благородные металлы (БМ) обладают уникальными свойствами, благодаря чему они получили широкое распространение в разных отраслях промышленности. Однако низкая распространённость БМ в природе является существенной проблемой, поэтому в настоящее время внимание ученых сконцентрировано на развитии технологий извлечения ионов БМ из различных объектов, преимущественно из промышленных отходов. Одним из эффективных и простых методов концентрирования и извлечения ионов металлов является твердофазная экстракция с применением комплексообразующих материалов. Данный метод характеризуется быстротой и полнотой извлечения даже следовых количеств ионов БМ.

Ранее [1] установлено, что тиокарбамоилированный пропилполисилоксан (ПСХМТ) способен количественно извлекать Pt(IV) из индивидуальных растворов при pH=2; Co(II), Ni(II), Cu(II) и Zn(II) – из щелочных растворов в присутствии компонентов универсальной буферной смеси. Принимая во внимание, что

тиокарбамоилированные полисилоксаны в кислой среде проявляют высокое сродство к ионам БМ, сделано предположение о возможном сорбционном отделении БМ от ионов щелочных, щелочноземельных и переходных металлов. Поэтому целью настоящей работы являлось изучение сорбции Au(III), Pt(IV), Pd(II) в аммиачно-ацетатной буферной среде среде (pH=2.5–7.0) в присутствии Ca(II), Co(II), Mg(II), Ni(II), Zn(II), Ba(II), Cd(II), Cu(II), Mn(II), Sr(II) ПСХМТ. Исходная концентрация ионов металлов в растворе равна $1 \cdot 10^{-}4$ моль/дм^3. Содержание ионов металлов в растворах до и после сорбции определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии на спектрометре iCAP 6500 ICP.

По полученной зависимости (рисунок 1) видно, что в наибольшей степени исследуемым сорбентом извлекаются Pt(IV), Au(III) и Pd(II), при этом их выделение зависит от кислотности раствора, сорбция неблагородных металлов незначительна. В сильнокислой среде происходит групповое извлечение БМ, при pH=6 наблюдается частичное отделение Au(III) от ионов платиноидов.

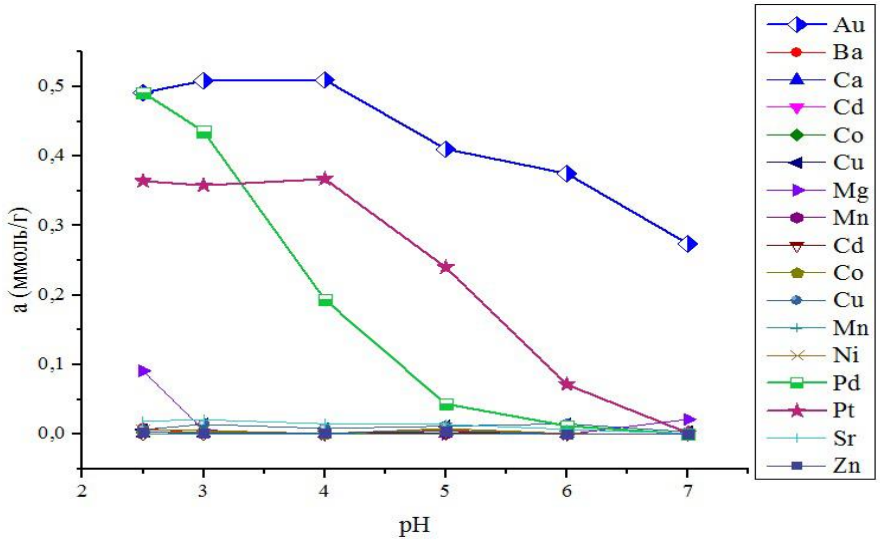


Рис. 1. Зависимость сорбции ионов металлов от pH раствора при их совместном присутствии

Известно, что присутствие посторонних компонентов в системе (или природа фонового раствора) способно изменять характер зависимости сорбции ионов металлов от pH. Так в работе [2] при использовании универсальной буферной смеси для поддержания pH наибольшее извлечение Pd(II) наблюдается при pH=5.0–6.5; в настоящей работе в среде аммиачно-ацетатного буферного раствора сорбция Pd(II) возрастает с уменьшением значения pH системы и достигает максимального значения при pH=2.5. Сорбционное извлечение ионов БМ в кислой среде может быть связано с протонированием поверхностных аминогрупп, что способствует электростатическому притяжению отрицательно заряженных хлоридных комплексов БМ.

ПСХМТ проявляет избирательность при извлечении ионов БМ при этом степень извлечения повышается с повышением кислотности среды. Используя аммиачно-ацетатный буферный раствор, возможно создавать среду с pH=2.5 и выше, для изучения сорбции в более кислой среде необходимо использование минеральных кислот, что и будет целью дальнейшего исследования.

Благодарим Морозову Марию Витальевну за помощь в получении результатов на атомно-эмиссионном спектрометре.

1. Неудачина Л. К., Голуб А. Я., Ятлук Ю. Г., Осипова В. А., Бердюгин Ю. А., Горбунова Е. М., Адамова Л. В., Корякова О. В., Кузнецов М. В. СОРБЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИСИЛОКСАНОВ // Неорганические материалы. – 2011. – Т 47. № 4. – С. 492-498.
2. Неудачина Л. К., Голуб А. Я., Холмогорова А. С. СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ПАЛЛАДИЯ(II) МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ПОЛИСИЛОКСАНАМИ // Журнал прикладной химии. – 2014. – Т 87. № 7. – С. 920-927.

РАЗРАБОТКА СТАДИИ РАЗДЕЛЕНИЯ СТРОНЦИЯ-90 И ИТТРИЯ-90 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕОРГАНИЧЕСКОГО СОРБЕНТА Т-3К

Тарасовских Т.В. [1], Белоконова Н.В. [1], Недобух Т.А. [1], Кутергин А.С. [1]
[1)] Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: tarasovskihtaya@yandex.ru

DEVELOPMENT OF THE SEPARATION STAGE OF STRONTIUM-90 AND YTTRIUM-90 WITH THE USE OF INORGANIC SORBENT T-3K

Tarasovskikh T.V. [1], Belokonova N.V. [1], Nedobukh T.A. [1], Kutergin A.S. [1]
[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

Calculations of the state forms of strontium-90 and yttrium-90 radionuclides in the presence of sulfosalicylic acid have been carried out, and the conditions for their separation using the T-3K sorbent have been proposed and experimentally verified.

Стронций-90 является наиболее опасным радиоактивным изотопом при попадании в окружающую среду вследствие радиационных аварий и ядерных испытаний. Наряду с большим периодом полураспада стронций имеет свойство прочно удерживаться в организме. Контроль за содержанием ^{90}Sr в природных водах является важной аналитической задачей.

Используемые в настоящее время методы определения стронция-90 не удовлетворяют требованиям по экспрессности. В большинстве методик измерение

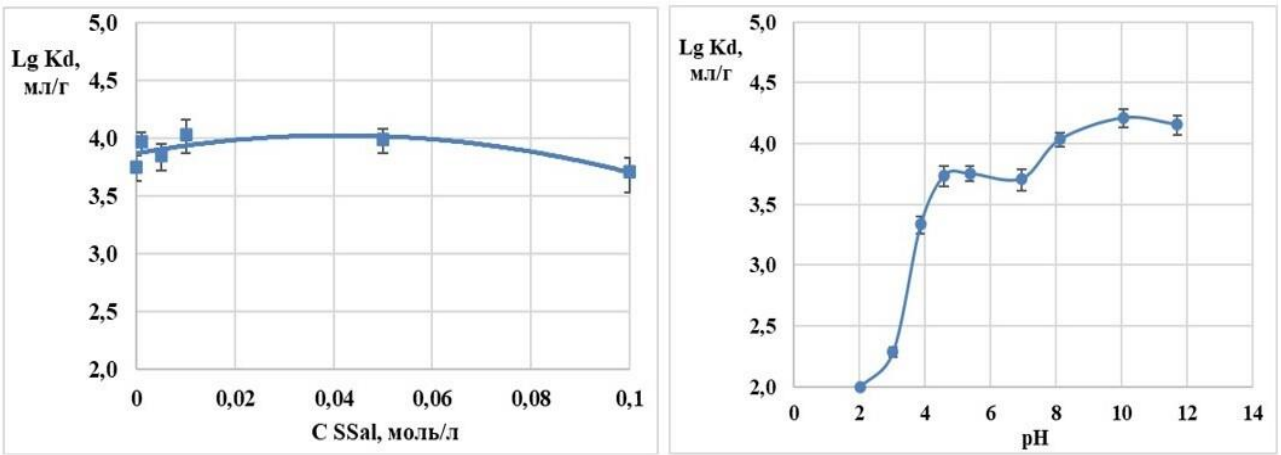
необходимо проводить после установления радиоактивного равновесия между стронцием-90 и иттрием-90 – дочерним радионуклидом стронция. Для этого требуется прохождение 14-20 дней, а это значительно увеличивает время анализа.

Решением проблемы может быть разработка метода, который заключается в выделении чистого стронция-90 после концентрирования радионуклидов и его непосредственном измерении на бета-радиометре.

В рамках данной работы были исследованы возможности разделения радионуклидов ^{90}Sr и ^{90}Y в присутствии сульфосалициловой кислоты с помощью неорганического сорбента Т-3К производства ПНФ «Термоксид», г. Заречный. Т-3К – сферогранулированный сорбент, представляющий собой карбонатсодержащий гидроксид циркония [1]. Были проведены расчеты форм состояния стронция и иттрия в присутствии сульфосалициловой кислотой, предложены и экспериментально проверены условия их разделения.

Анализ форм состояния показал возможность разделения радионуклидов в области pH от 7 до 12 в присутствии сульфосалициловой кислоты 0,01 моль/л. В этом случае иттрий находится в виде комплексного соединения, а стронций не образует комплексных соединений с данной кислотой, поэтому находится в форме Sr^{2+}.

Была исследована сорбция стронция в статических условиях в зависимости от концентрации сульфосалициловой кислоты (0 – 0,1 моль/л), а также изучено влияние pH 0,01 молярного раствора сульфосалициловой кислоты на сорбцию Sr-90. Полученные данные представлены на рисунке 1.



а) б)

Рис. 1. а) Зависимость коэффициента распределения стронция-90 от концентрации сульфосалициловой кислотой, pH растворов около 8; б) Зависимость коэффициента распределения стронция-90 от pH растворов, концентрация SSal 0,01 моль/л

В присутствии 0,01 молярного раствора сульфосалициловой кислоты наибольший коэффициент распределения стронций-90 имеет в диапазоне pH от 8 до 12, при pH 8 коэффициент распределения стронция не зависит от концентрации сульфосалициловой кислоты.

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, Т. 82, Вып. 5, С. 762-765, (2009)

КИНЕТИКА СОРБЦИИ СКАНДИЯ И ПРИМЕСЕЙ АМФОЛИТОМ PUROLITE S950 ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ ИЗ ГИДРОЛИЗНОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Титова С.М. [1], Наливайко К.А. [1], Зинурова В.Э. [1], Яковлева О.В. [1],
Евдокимов И.В. [1], Липатова М.Е. [1], Скрипченко С.Ю. [1],
Рычков В.Н.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 SORPTION OF SCANDIUM AND IMPURITIES FROM HYDROLISIS SULFURIC ACID BY AMPHOLYTE PUROLIE S950

Titova S.M. [1], Nalivaiko K.A. [1], Zinurova V.E. [1], Yakovleva O.V. [1],
Evdokimov I. V.1, Lipatova M.E.1, Skripchenko S.Yu.1,
Rychkov V.N.1, Kirillov E.V.1
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The kinetic of sorption of Sc, Zr, Al, Th, Ti and Fe from the hydrolysis sulfuric acid by using ampholyte Purolite S950 was investigated. The limiting stage of sorption of Sc and Zr was internal diffusion, and the sorption of Ti, Al, Fe and Th was carried out in a mixed-diffusion mode.

Гидролизная серная кислота является отходом производства диоксида титана и содержит такие элементы как скандий, цирконий, торий, титан, алюминий, железо. Наиболее ценным компонентом из перечисленных является скандий. Скандий обладает уникальными свойствами, что обусловило его широкое применение в производстве алюмо-скандиевых сплавов, химической и атомной промышленности.

Скандий является редким элементом, собственных минералов не образует, поэтому его извлечение из вторичного сырья, в частности, из промышленных отходов, является актуальной задачей. Содержание скандия в гидролизной кислоте не превышает 20 мг/дм^3, при этом концентрации железа, алюминия и титана достигают порядка граммов в литре. Поэтому высокоэффективное извлечение Sc

из данного вида сырья возможно лишь с применением гидрометаллургических методов (экстракция и ионный обмен).

Для извлечения скандия методом ионного обмена применяются иониты, содержащие в своей структуре фосфоновую группировку. Важным аспектом исследования сорбционных процессов является изучение кинетики ионного обмена, так как полученные данные необходимы при проектировании сорбционных установок.

Данная работа посвящена исследованию кинетики сорбции скандия при извлечении из гидролизной кислоты аминометилфосфоновым амфолитом Purolite S950.

Состав исходной гидролизной кислоты, г/л: Sc – 0.023, Zr – 0.03, Th – 0.028, Al – 1.24, Ti – 2.1, Fe – 34.22, H_2SO_4 – 250.

Эксперимент проводили методом ограниченного объема для получения кинетических кривых, характеризующих зависимость количества вещества в объеме сорбента от времени. Полученные зависимости для каждого элемента обрабатывали по уравнениям пленочной и гелевой кинетики [1]. По результатам математической обработки можно сделать следующие выводы: сорбция Sc и Zr амфолитом Purolite S950 осуществляется во внутридиффузионном режиме, в то время как, для остальных элементов характерен внешнедиффузионный тип кинетики. Для Sc и Zr также рассчитали коэффициенты диффузии, которые составили $1{,}74*10^{-11}$ м^2/с и $6{,}1*10^{-12}$ м^2/с, соответственно.

Для подтверждения выводов также провели эксперимент методом прерывания, который как известно, дает надежные сведения о типе кинетики.

Метод заключается в пропускании гидролизной кислоты через слой ионита со скоростью 5 объемов раствора через 1 объем ионита за 1 час. По истечении 1,5 часов фильтрации твердую и жидкую фазы разделяли. Время прерывания составило 24 часа, после чего, фильтрацию раствора через слой ионита возобновляли. Выходные кривые сорбции скандия и примесей приведены на рисунке 1.

После прерывания наблюдается снижение концентрации всех элементов в фильтрате, что свидетельствует об увеличении скорости сорбции и указывает на внутридиффузионный режим процесса.

Таким образом, по результатам проведенных экспериментов можно сделать вывод, что литимирующей стадией сорбции скандия и циркония является внутренняя диффузия, тогда как сорбция, титана, алюминия, железа и тория протекает в смешанно-диффузионном режиме.

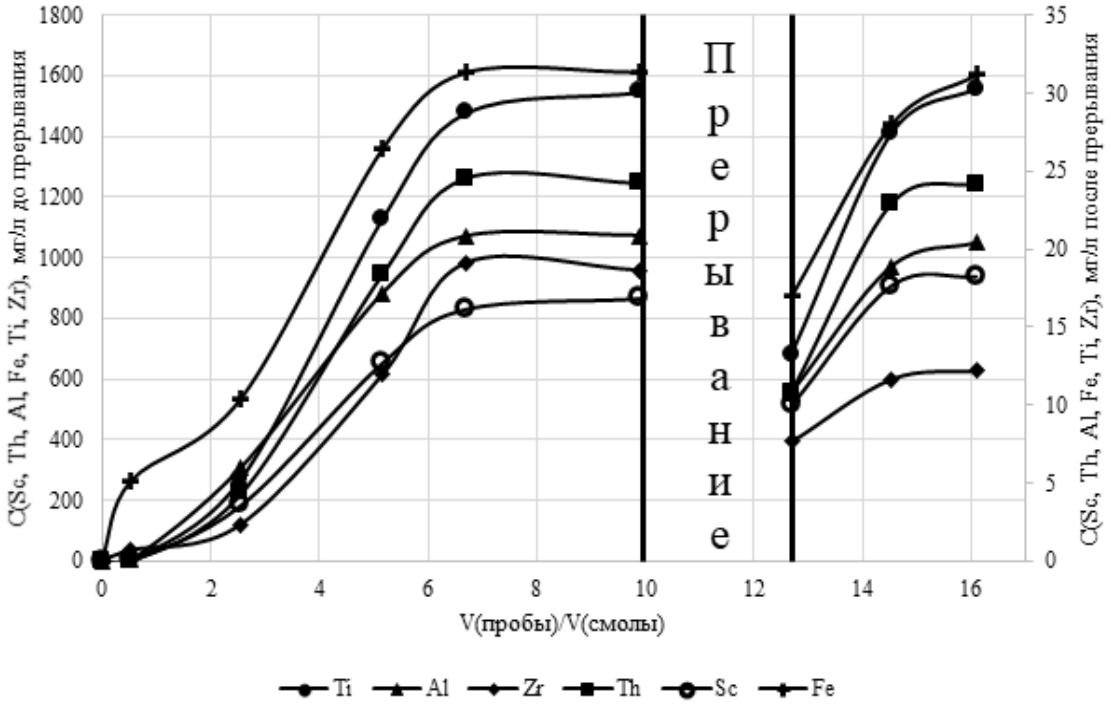


Рис. 1. Выходные кривые сорбции скандия и примесей из гидролизной кислоты амфолитом Purolite S950

1. Лебедев К.Б. Иониты в цветной металлургии. Металлургия (1975).

ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛЛИЙСОДЕРЖАЩИХ ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВОВ

Токарев О.В. [1], Волкович В.А. [1]
[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: olegtokarev1999@gmail.com

POTENTIOMETRIC STUDY OF GALLIUM CONTAINING CHLORIDE MELTS

Tokarev O.V. [1], Volkovich V.A. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Zero current potentiometry was employed for studying electrochermical behaviour of gallium in LiCl–KCl and NaCl–KCl–CsCl eutectic based melts at 400–800 and 500–750 oC, respectively. Formal standard electrode potentials of gallium were determined.

В настоящее время значительное внимание уделяется разработке неводных пироэлектрохимических технологий переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Одним из возможных подходов к разделению компонентов ОЯТ является их фракционирование в системе «солевой расплав – жидкий металл (сплав)». Легкоплавкие сплавы, одним из компонентов которых является галлий, представляют перспективные рабочие среды для разделения урана и редкоземельных продуктов деления. Очевидно, что для разработки процессов разделения необходимо обладать информацией об электрохимических свойствах всех элементов, присутствующих в системе, в том числе и галлия. Целью данной работы являлось изучение электрохимического поведения галлия в расплавах на основе двух эвтектических смесей 3LiCl–2KCl и 6NaCl–9KCl–5CsCl.

Ранее нами было исследовано поведение галлия в расплавах на основе эвтектической смеси NaCl–KCl–CsCl методом циклической вольтамперометрии [1]. В настоящей работе было проведено экспериментальное исследование электрохимического поведения галлия в хлоридных расплавах с использованием метода хронопотенциометрии при нулевом токе. Измерения проводили в температурном интервале 400–800 °C для электролита LiCl–KCl–$GaCl_3$, и 500–750 °C для NaCl–KCl–CsCl–$GaCl_3$. В результате были получены зависимости условных стандартных электродных потенциалов Ga^{3+}/Ga и Ga^{+}/Ga от температуры, для электролитов на основе эвтектических смесей LiCl–KCl и NaCl–KCl–CsCl, рис. 1.

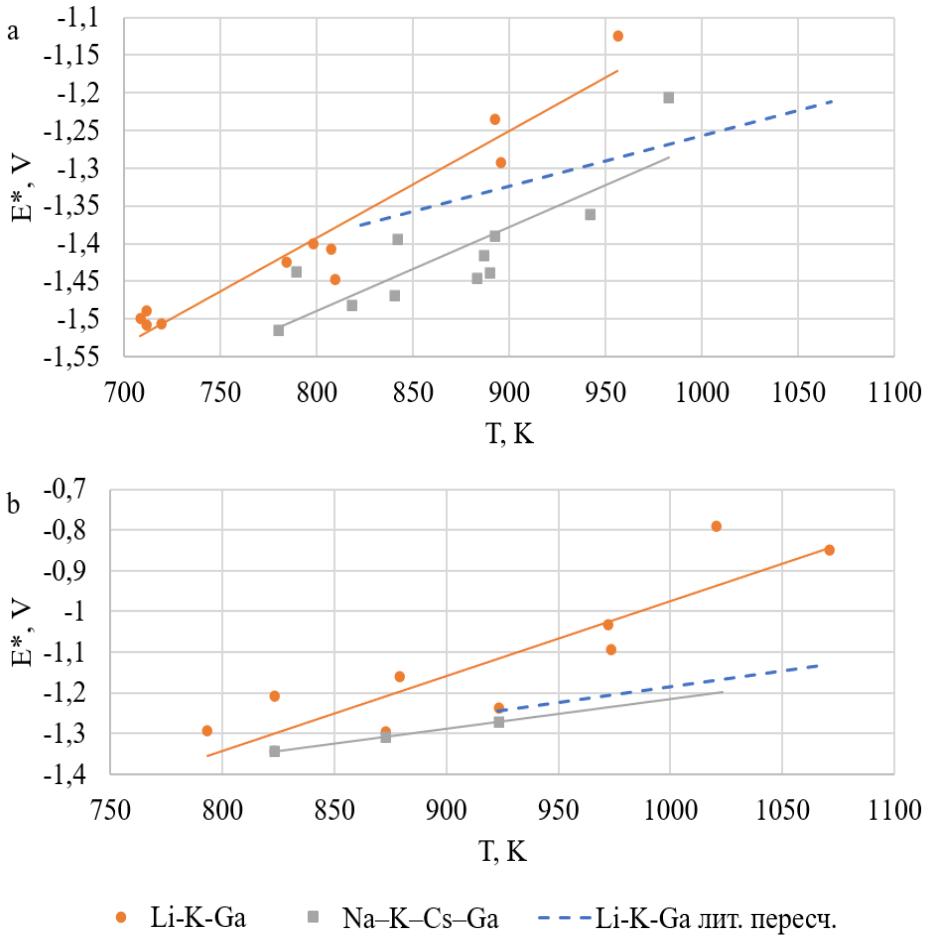


Рис. 1. Зависимости условного стандартного электродного потенциала галлия от температуры, для электролитов на основе 3LiCl–2KCl и 6NaCl–9KCl–5CsCl относительно хлорного электрода сравнения для n=3 (a) и для n=1 (b)

В ходе исследования также было обнаружено влияние контакта металлического молибдена с солевым электролитом на значение электродного потенциала галлия в рассмотренных системах.

1. O. V. Tokarev, D. S. Maltsev and V. A. Volkovich, AIP Conference Proceedings, 2313, 020005 (2020).

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФРАКЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ПОРОШКОВ В ВИХРЕВОЙ КАМЕРЕ

Турубаев Р.Р. [1], Шваб А.В. [1]
[1)] Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия
E-mail: roma.turubaev@gmail.com

NUMERICAL STUDY OF THE PROCESS OF POWDERS FRACTIONAL SEPARATION IN A VORTEX CHAMBER

Turubaev R.R. [1], Shvab A.V. [1]
[1)] National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

This paper presents the distributions of the trajectories of motion of single particles and the influence of the turbulent pulsations, regime and geometric parameters on the efficiency of the particle separation process.

На сегодняшний день, аэро- и гидродинамика закрученных турбулентных потоков считается одним из самых перспективных и быстро развивающихся направлений в науке, в первую очередь это связано с высокой потребностью в получении мелкодисперсных порошков заданного фракционного состава. Данные порошки наиболее востребованы в химической технологии, авиации, энергетике, машиностроении и в других отраслях промышленного сектора. Существуют различные способы классификации частиц по размерам, однако, одним из наиболее эффективных и безопасных, с точки зрения экологии, является пневматический метод разделения порошков заданного гранулометрического состава [1]. Одним из примеров вихревой камеры, основанной на этой методологии, является комбинированный пневматический аппарат, разработанный в НИ ТГУ. Рабочая область рассматриваемой вихревой камеры схематически изображена на рисунке 1 [2].

Достоверность полей скорости и давления, на основе которых произведены расчеты траекторий движения одиночных частиц, подтверждены тестовыми исследованиями, сравнением решений ламинарной постановки задачи в переменных вихрь-функция тока и скорость-давление, а также сравнением с опытными данными [3]. Метод используемый для расчета траекторий частиц подтверждается в статье [4].

В силу особенностей закрученного турбулентного течения двухфазной среды континуальный подход не может быть использован, в связи с возможным пересечением траекторий движения частиц между собой. Поэтому численные расчеты движения частиц в аппарате проводились на основе дискретно-траекторного подхода [5]. Допускается, что на твердую сферическую частицу действуют только центробежная, инерционная, гравитационная и аэродинамическая силы. Для до-

стижения высокой эффективности процесса сепарации частиц по заданному размеру необходимо малая концентрация частиц, следовательно, обратным воздействием частиц на поток можно пренебречь.

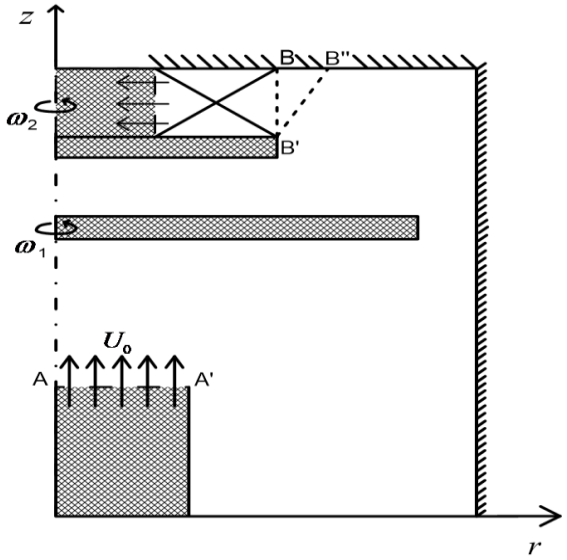


Рис. 1. Рабочая область рассматриваемой вихревой камеры.

Для оценки качества классификации были построены кривые Тромпа. При увеличении числа Рейнольдса, можно наблюдать смещение граничного размера частиц в сторону меньших диаметров. Т.е. при увеличении числа Рейнольдса получаем на выходе более мелкую фракцию частиц.

В результате математического моделирования динамики движения одиночной твердой сферической частицы в закрученном турбулентном потоке, было выявлено влияние геометрических и режимных параметров на фракционное разделение частиц. Представлены результаты расчета движения частиц, а также результаты процесса классификации порошков заданного фракционного состава. Необходимо отметить существенное влияние турбулентных пульсаций на эффективность процесса разделения частиц.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-38-90135)

1. В.Б.Пономарев. Расчет и проектирование оборудования для воздушной сепарации сыпучих материалов: учеб. Пособие, Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та (2017).
2. Турубаев Р.Р., Шваб А.В., Численное исследование аэродинамики закрученного потока в вихревой камере комбинированного пневматического аппарата, Вестн. Том. гос. ун-та. Математика и механика. № 47. С. 87-98. DOI: 10.17223/19988621/47/9 (2017).
3. Шваб А.В., Турубаев Р.Р., Моделирование аэродинамики закрученного турбулентного течения в центробежном аппарате, Теорет. осн. хим. техн. Т.53 №2. С.196-204. DOI:10.1134/s0040357119010135. (2019).

1. A.V. Shvab, P.N. Zatikov, S.R. Sadretdinov, A.G. Chepel, Simulation Of The Fractional Separation Of Particles in an Air Centrifugal Classifier, Theoretical Foundations of Chemical Engineering. Iss. 44. № 6. 859-868. (2010).
2. Волков К.Н., Емельянов В.Н., Течение газа с частицами. М.: ФИЗМАТЛИТ (2008).

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ La-ДОПИРОВАННОГО ГИДРАТАЦИОННОГО ОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Верещагин А. О. [1], Машковцев М. А. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия.
E-mail: Vereshchagin.A.O@yandex.ru

INVESTIGATION OF SORPTION PROPERTIES OF La-DOPED HYDROTATED ZIRCONIUM OXIDE

Vereshchagin A. O. [1], Mashkovtsev M. A. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The influence of La-doping on the sorption properties at high pH of precipitated hydrotated zirconium oxide was studied.

Проблемы эвтрофикации водоёмов всё чаще выходят на передний план. Одной из основных причин возникновения данного явления является избыточное содержание фосфатов в сточных водах. Среди множества методов очистки фильтрация является самым распространённым [1]. Оксид циркония зарекомендовал себя как перспективный сорбирующий материал, однако при высоких значениях pH фильтруемых вод его эффективность снижается. Лантан в свою очередь рассматривается как потенциальный сорбент в области повышенных значениях pH. Целью данного исследования было определить влияние добавки лантана на сорбционные свойства оксида циркония при высоких значениях pH.

Сорбенты были получены методом осаждения при постоянном значении pH из азотнокислого раствора циркония и из смешанного азотнокислого раствора цирконий-лантан (75%-25% по массе) с концентрациями 100 г/л при помощи 10% р-ра аммиака.

Для исследования кинетики сорбции фосфора синтезированными сорбентами была проведена серия опытов в статических условиях. Концентрация фосфора в растворе составляла 40 мг/дм^3, масса сорбента была 0,2 г., процесс сорбции осуществляли при комнатной температуре и постоянном перемешивании в течение 24 часов.

Для обработки полученных результатов были зависимости количества миллиграмм адсорбированного фосфора на грамм сорбента в момент времени t (C_t)

от времени (t). Форма полученных кинетических кривых указывает на высокую скорость адсорбции на участке до 120 минут, с последующим замедлением и достижением адсорбционного равновесия в области 24 часов для образца без добавки. Аналогично ведёт себя образец допированный лантаном, однако равновесие не достигается в области 24 часов. Дополнительно образец с лантаном после 24 часов адсорбировал большее количество фосфатов, чем образец из чистого гидратированного оксида циркония. Из чего можно сделать вывод, что допирование лантаном увеличивает сорбционную ёмкость сорбента без изменения кинетики сорбции.

1. Ramasahayam, S. K., Guzman, L., Gunawan, G., & Viswanathan, T. Journal of Macromolecular Science, Part A, 51(6), 538–545. 2014

ВЫБОР РАБОЧЕЙ ФОРМЫ ИОНИТА ДЛЯ СОРБЦИИ ЛАНТАНА И ЦЕРИЯ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ

Яковлева О.В. [1], Зинурова В.Э. [1], Титова С.М. [1], Малышев А.С. [1], Евдокимов И.В. [1], Липатова М.Е. [1], Рычков В.Н. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: nakamura211017@gmail.com

THE CHOICE OF IONIT FORM FOR SORPTION OF LANTANUM AND CERIUM FROM SULFURIC ACID SOLUTIONS

Yakovleva O.V. [1], Zinurova V.E. [1], Titova S.M. [1], Malyshev A.S. [1], Evdokimov I.V. [1], Lipatova M.E. [1], Rychkov V.N. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The choice of ionic form of cation exchanger Dowex Marathon C for effective sorption of La and Ce from sulfuric acid solutions was carried out. The ammonium form of cation exchanger was chosen because of high values of sorption of both elements.

Редкоземельные металлы (РЗМ) получили применение в различных наукоемких технических отраслях: электроника, приборостроение, производство конструкционных материалов для авиакосмической промышленности, производство лазеров, магнитов и катализаторов, получение керамики и стекол специального назначения. Современный уровень технологии позволяет извлекать РЗМ как непосредственно из редкометальных руд, так и при переработке вторичных источников – техногенных отходов: фосфогипса, красных шламов, растворов скважинного подземного выщелачивания (СПВ) урана. Получение первичных концентратов суммы РЗМ из растворов СПВ урана осуществляется посредством сорбционной переработки данного вида сырья. Дальнейшим этапом является

разделение РЗМ для получения индивидуальных соединений. Процесс разделения редкоземельных элементов осложняется близостью их химических свойств. Одним из эффективных методов разделения РЗМ является ионообменная хроматография. Для хроматографического разделения РЗМ хорошо зарекомендовали себя катионообменные смолы с сульфоновыми функциональными группами. В предыдущих исследованиях нами было установлено, что для разделения пары La-Ce возможно использовать сульфоновый катионит Purolite C-160 [1].

В данной работе исследуется возможность применения для разделения лантана и церия хроматографическим методом на катионите Dowex Marathon C. На представленном этапе исследования осуществляли выбор ионной формы катионита, обеспечивающей максимально эффективное совместное извлечение La и Ce из сернокислых растворов выщелачивания первичного концентрата РЗМ. Сорбцию вели в статическом режиме, для чего приводили навеску катионита массой 50 мг с 50 $см^3$ индивидуальных растворов La или Ce. Содержание La в исходном растворе составило 613,83 $мг/дм^3$. Содержание Ce в исходном растворе составило 482,62 $мг/дм^3$. Значение pH растворов равно 2,5 – 2,7. Для исследования катионит переводили в NH^4+, K^+, Na^+ и H^+ - рабочие формы. Сорбцию вели в течение 24 ч при постоянном перемешивании. Остаточную концентрацию La и Ce в водной фазе определяли методом ICP-AES.

Значения сорбируемости для катионита в аммонийной форме составили 141,50 кг La/т и 253,81 кг Ce/т. Сорбируемость для катионита в водородной форме равна 165,51 кг La/т и 141,62 кг Ce/т. Сорбция для катионита в натриевой форме составила 137,36 кг La/т и 138,46 кг Ce/т. Сорбируемость металлов катионитом в калиевой форме - 128,91 кг La/т и 169,78 кг Ce/т.

Таким образом, максимальное извлечение лантана из сернокислых растворов обеспечивается катионитом Dowex Marathon C в водородной форме, а церия – в аммонийной форме. Последующее элюирование металлов из фазы насыщенного ионита будет проводиться растворами ЭДТА, поэтому целесообразно будет применение катионита в аммонийной форме во избежание снижения pH и, как следствие, для предотвращения осаждения ЭДТА в фазе сорбента.

1. O. V. Yakovleva, A. K. Abdrahmanova, S. M. Titova, A. S. Malyshev, E. V. Kirillov, V. N. Rychkov, AIP Conf. Proc. 2313, 050038 (2020)

ОКИСЛЕТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА УРАНА В РАСПЛАВЕ ЭВТЕКТИЧЕСКОЙ СМЕСИ ФТОРИДОВ ЛИТИЯ, НАТРИЯ И КАЛИЯ

Захарова В.В. [1], Волкович В.А. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: zakharova.viktoria99@mail.ru

REDOX PROPERTIES OF URANIUM IN MOLTEN EUTECTIC MIXTURE OF LITHIUM, SODIUM AND POTASSIUM FLUORIDES

Zakharova V.V. [1], Volkovich V.A. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Transient electrochemical techniques were applied for studying electrochemical behavior of uranium in melts based on the ternary LiF–NaF–KF eutectic mixture at 600–750 °C. Uranium(IV) ions undergo reversible reduction to U(III).

Эвтектическая смесь фторидов лития, натрия и калия (FLiNaK) является перспективным расплавом, который может служить основой топливной смеси жидкосолевого ядерного реактора. Уран является одним из основных компонентов ядерного топлива и в топливную смесь загружается в виде тетрафторида. В результате образования продуктов деления и контакта расплава с конструкционными материалами возможно изменение окислительно-восстановительного потенциала среды. Целью работы поэтому являлось исследование окислительно-восстановительных свойств урана в расплаве эвтектической смеси фторидов щелочных металлов.

В качестве метода исследования были выбраны циклическая, квадратно-волновая и дифференциально-импульсная вольтамперометрия и хронопотенциометрия. Работу проводили в инертной атмосфере. Рабочая ячейка включала вольфрамовый рабочий электрод, псевдоэлектрод сравнения из того же материала и противоэлектрод из стеклоуглерода. Измерения проводили в расплавах на основе FLiNaK с различным содержанием тетрафторида урана при 600–750 °C.

Вольтамперные характеристики снимали при разной скорости поляризации рабочего электрода в диапазоне от 2 В/с до 0,01 В/с. Пример циклических вольтамперограмм, зарегистрированных при различных скоростях поляризации рабочего электрода, представлен на рисунке.

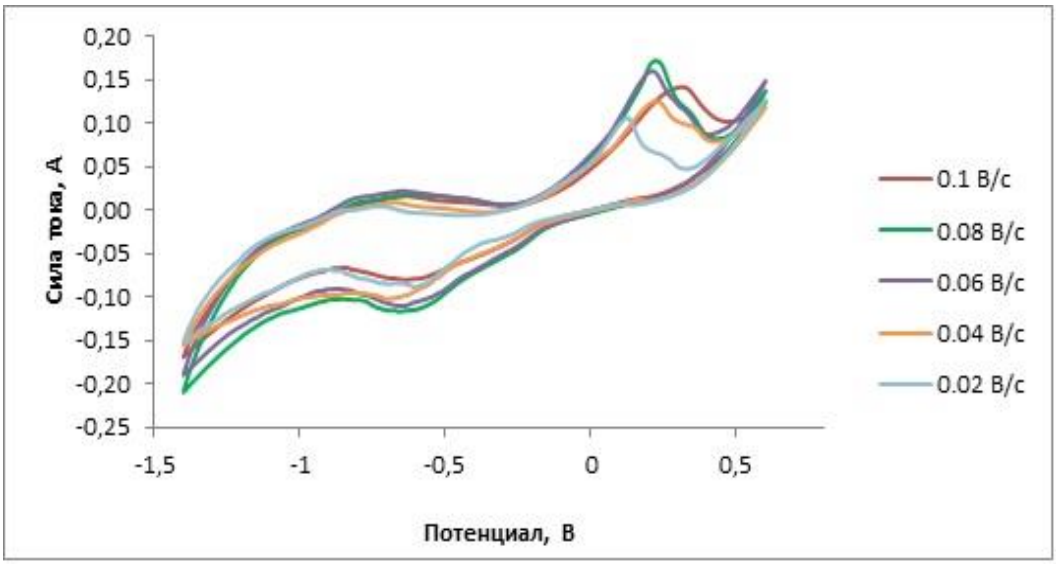


Рис. 1. Циклические вольтамперограммы, зарегистрированные при различных скоростях поляризации рабочего электрода в расплаве LiF–NaF–KF–UF_4 18 мас. % UF_4, 700 °C.

Восстановление ионов U(IV) протекает в две стадии: одноэлектронный перезаряд U(IV)/U(III) и восстановление ионов U(III) до металла с участием трёх электронов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛЕГИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА КЕРАМИКУ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Зебзеева А.А. [1], Хорошавцева Н.В. [1], Султанова Д.Т. [1], Денисова Э.И. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: nastya-zebzeeva@mail.ru

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ALLOYING ADDITIVES ON CERAMICS BASED ON ZIRCONIUM DIOXIDE

Zebzeeva A.A. [1], Khoroshavceva N.V. [1], Sultanova D.T. [1], Denisova E.I. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work, the powders obtained by the method of co-deposition were studied. The granulometric composition of the powders was determined, and the tablets were pressed to determine the density by hydrostatic weighing.

В последнее время циркониевая керамика стала активно применяться в качестве структурных компонентов. Она обладает уникальными свойствами: высокой прочностью, трещино- и износостойкостью, термостойкостью, химической

устойчивостью и стабильностью к излучениям, в том числе к нейтронному потоку, ионной проводимостью, биологической совместимостью и т. д., что определяет ее широкое применение в различных отраслях промышленности.

В данной работе исследовали влияние легирующих добавок и структуры порошка на циркониевую керамику на примере системы ZrO_2–Sm_2O_3–Y_2O_3.

Провели синтез микронных порошков диоксида циркония, стабилизированного оксидами иттрия и самария, методом обратного соосаждения аммиаком компонентов в виде гидроксидов из азотнокислых растворов солей. Для укрупнения частиц проводили гранулирование гидроксидов $ZrO(OH)_2$−$Y(OH)_3$–$Sm(OH)_3$ замораживанием. После выдержки в замороженном состоянии гидроксиды оттаивали, их снова фильтровали, сушили сначала на воздухе, затем в сушильном шкафу при 120±5 ºС. Далее прокаливали в муфельной печи при 800 ºС в течение одного часа, охлаждали и просеивали фракцию, после чего прессовали таблетки. Таблетки спекали при 1650 ºС в течение 4 часов, нагрев и охлаждение вели со скоростью 100 ºС/час.

Методом гидростатического взвешивания определяли плотность таблеток, в качестве вспомогательной жидкости использовали химически инертную, хорошо смачивающую исследуемый материал жидкость – этиловый спирт. Полученные значения плотности образцов варьировались в пределах 5,02–5,47 г/см^3.

Определили гранулометрический состав прокаленных порошков. Измерение проводят на лазерном гранулометре от компании Fritsch Analysette-22 NanoTecPlus.

Результаты показали, что порошки содержали частицы различной формы и крупности. Средний размер частиц составили примерно 20–90 мкм. Методом гидростатического взвешивания определена плотность образцов, наиболее плотным оказался образец ZrO_2–5 мол.% Sm_2O_3–1 мол.% Y_2O_3, его плотность составила 5,47 г/см^3.

Из порошков в дальнейшем будут изготовлены керамические образцы для изучения электропроводящих свойств.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСХОДНОГО РАСТВОРА ОКСОНИТРАТА ЦИРКОНИЯ НА СВОЙСТВА ГИДРАТИРОВАННОГО ОКСИДА ЦИРКОНИЯ

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 THE INITIAL SOLUTION OF ZIRCONIUM OXONITRATE ON HYDRATED ZIRCONIUM OXIDE PROPERTIES

Zhesteva A.N.1, Zhirenkina N.V.1, Mashkovtsev M. A.1, Kartashov V. V.1
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The influence of the ratio $ZrO:NO_3$ of the initial solution on the properties of particles of hydrated zirconium oxide was investigated. The mechanisms of particle aggregation in the process of precipitation by the method of constructing a population balance were studied.

Материалы на основе оксида циркония широко используются во многих областях промышленности благодаря уникальным свойствам оксида циркония, который обладает высокой прочностью, термостойкостью, коррозионной стойкостью. Однако, существует проблема получения материалов на основе циркония с желаемыми свойствами, а также комбинациями свойств, такими как высокая удельная поверхность для использования в качестве сорбентов, сферическая форма и высокая текучесть для создания покрытий, субмикронный размер частиц и высокая активность порошков для получения высокоплотной керамики. Порошки оксида циркония в основном получают методом осаждения из растворов, поэтому важно понять, насколько существенное влияние оказывают исходные растворы на свойства получаемых оксидов. Исходные растворы оксонитратов циркония очень нестабильны, так как склонны к образованию полиядерных комплексов и к полимеризации, что может оказывать существенное влияние на свойства получаемых материалов. [1]

В качестве прекурсоров для получения гидратированного оксида циркония использовали растворы оксонитрата циркония (варьировали соотношение $ZrO:NO_3$ =1:1, 1:2, 1:3 соответственно) и водный раствор аммиака. Для установления соотношения 1:1 при растворении карбоната циркония, раствор пришлось нагреть до 70ºС. Осаждение проводили при поддержании постоянного значения pH, в течение осаждения отбирали пробы. Механизмы агрегирования частиц в процессе осаждения изучали путем построения кривых популяционного баланса.

На начальных этапах осаждения крупнее всего были частицы, осажденные из раствора 1:1 – 32 мкм, затем размер уменьшался до 22 мкм и вырастал до 29 мкм. Это может быть связано с нагревом исходного раствора, он был более вязкий, полимеризованный, следовательно, произошло образование оловых связей.

Предположительно, большой размер первичных частиц связан с тем, что при добавлении аммиака формируются крупные стабильные частички, содержащие большое количество воды, а значит они склонны к захвату воды в цепочки. Полимеризация приводит к тому, что крупные частички устойчивее и формируют более крупные агрегаты.

Осаждение из растворов 1:2 и 1:3 приводит к образованию первичных частиц меньшего размера 16 мкм и 11 мкм соответственно, при этом наблюдается стабильное плавное увеличение размеров частиц в процессе осаждения до 27 и 20 мкм соответственно. Наблюдается уменьшение размеров частиц и дисперсии размеров с изменением соотношения $ZrO:NO_3$ от 1:1 к 1:3.

На построенных графиках популяционного баланса (рис.1) показано, что количество частиц на начальном этапе осаждения из всех растворов одинаково, однако при увеличении концентрации NO_3 в растворе, частиц становится больше в процессе осаждения. Можно предположить, что мелкие несвязанные частицы из раствора 1:3 наиболее активны, быстрее образуют множество прочных агрегатов небольшого размера. В свою очередь крупным полимеризованным частицам из раствора 1:1, окруженным оловыми связями, энергетически выгодно формировать крупные агрегаты.

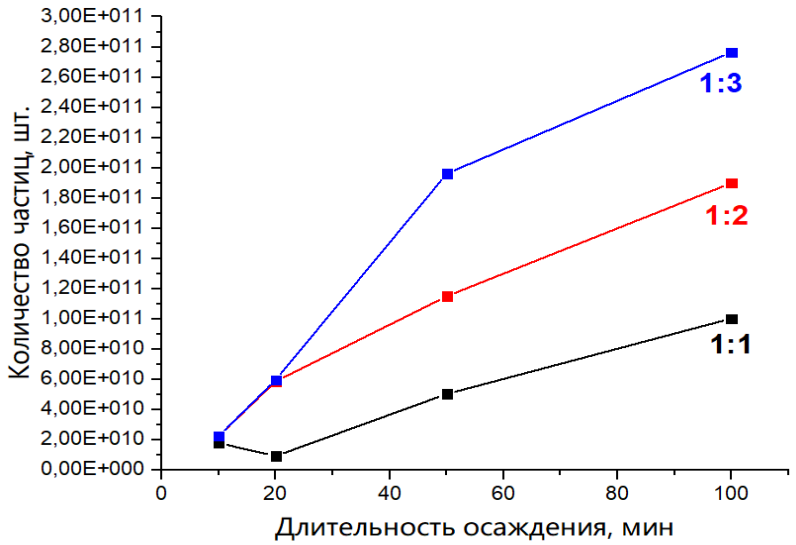


Рис. 1. Зависимость количества частиц от длительности осаждения

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-33-90292

1. METHOD FOR PRODUCING CERAMICS BASED ON ZIRCONIUM DIOXIDE / Morozova L. V., Kalinina M. V., Kovalko N. Yu., Shilova O. A. (2014)

СОРБЦИЯ ЛАНТАНА И ЦЕРИЯ КАТИОНИТОМ DOWEX MARATHON C

Зинурова В.Э. [1], Титова С.М. [1], Яковлева О.В. [1], Евдокимов И.В. [1], Скрипченко С.Ю. [1], Малышев А.С. [1], Рычков В.Н. [1]
[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: victoria_zinurova@mail.ru

LANTHANUM AND CERIUM SORPTION WITH DOWEX MARATHON C CATIONITE

Zinurova V.E.1, Titova S.M.1, Yakovleva O.V.1, Evdokimov I.V. [1], Skripchenko S.Yu. [1], Malyshev A.S. [1], Rychkov V.N. [1]
[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The sorption of lanthanum and cerium from sulfuric acid solutions with Dowex Marathon C cationit in the static mode was studied. The isotherms of lanthanum and cerium sorption are described by the Langmuir model.

В настоящее время редкоземельные металлы (РЗМ) широко применяются в различных технических отраслях. Технологии добычи и получения РЗМ разнообразны, включают в себя как непосредственную разработку месторождений редкометальных руд, так и их попутное извлечение. Известно, что редкоземельные металлы являются сопутствующими элементами урановых месторождений, а технологические растворы скважинного подземного выщелачивания (СПВ) урана - источником РЗМ. Извлечение РЗМ из растворов возможно методом ионного обмена с применением катионита Dowex Marathon C.

В данной работе изучение равновесия ионного обмена происходило в статическом режиме. Исходные растворы содержали 50-1000 мг/дм^3 La или Ce. Масса навески катионита в воздушно-сухом состоянии составила 50 мг. Разовый объём загрузки раствора - 50 см^3. Процесс сорбции осуществляли при комнатной температуре и постоянном перемешивании на лабораторном шейкере в течение 24 часов. По окончанию эксперимента фазы разделили и проанализировали маточники сорбции на содержание La или Ce. Изотермы сорбции лантана и церия представлены на Рис. 1.

Изотермы сорбции лантана и церия катионитом Dowex Marathon C имеют крутой подъем в области низких концентраций, это указывает на сродство функциональной группы к обоим металлам и возможность их эффективного извлечения даже из слабоконцентрированных растворов. Изотерма сорбции лантана имеет максимум, что говорит о наличии изменений, происходящих с адсорбатом. Эффективная сорбция La из растворов возможна лишь в области исходных концентраций металлов менее 500 мг/дм^3.

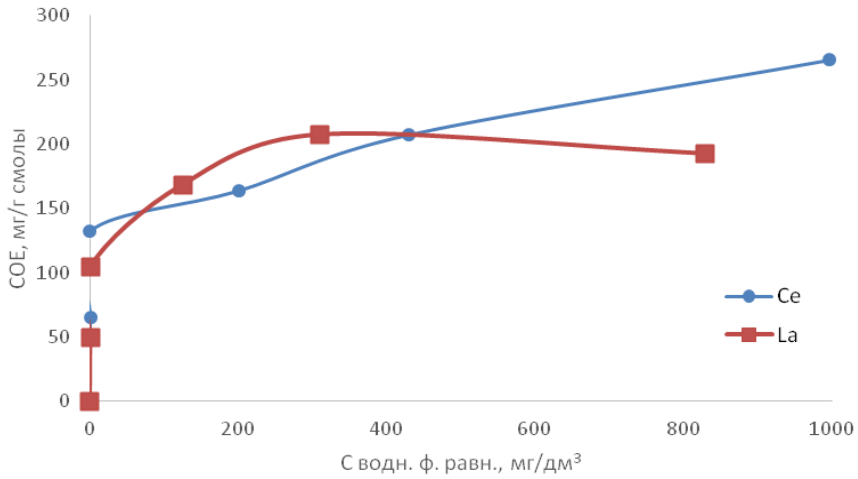


Рис. 1. Изотермы сорбции лантана и церия катионитом Dowex Marathon C

Изотермы сорбции лантана и церия так же были построены в координатах уравнений моделей Лэнгмюра и Фрейндлиха [1]. По результатам математической обработки, сделали вывод о том, что изотермы обоих металлов удовлетворительно описываются уравнением модели Лэнгмюра (R^2=0,9985 для La и R^2=0,9757 для Ce).

Таким образом, применение катионита Dowex Marathon C возможно для эффективного извлечения La и Ce из растворов, но стоит отметить, что лантан сорбируется из более широкого диапазона концентраций.

1. Zelentsov V. I., Datsko T. Ya., Electronic processing of materials, 48(6), 65-73 (2012).

СЕКЦИЯ 5

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

СИНТЕЗ И ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА $BaLaIn_{1-x}Sc_xO_4$

Абакумова Е.В.[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: abakumova.ekaterina98@gmail.com

SYNTHESIS AND TRANSPORTATION PROPERTIES OF $BaLaIn_{1-x}Sc_xO_4$

Abakumova E.V.[1], Galisheva A.O.[1], Tarasova N.A.[1], Animitsa I.E.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work, we synthesized a sample based on $BaLaInO_4$ with doped Sc^{3+}. The sample $BaLaIn_{1-x}Sc_xO_4$ has the block-layered Ruddslesden-Popper structure. The transport properties of the sample were measured by varying the external parameters of the environment T, pH_2O, and pO_2.

На сегодняшний день стоит актуальная задача по созданию сложнооксидных соединений, которые имеют протонную проводимость. Сложнооксидные соединения могут быть использованы в качестве электролитов в протон-проводящих твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ). С использованием протонных электролитов можно снизить рабочие температуры до 500-700ºС и обеспечить снижение себестоимости производства ТОТЭ. С точки зрения транспортных свойств наиболее подробно описаны сложные оксиды, обладающие структурой перовскита или производной от нее. В работе [1] обнаружен перенос ионов кислорода в соединениях на основе $BaNdInO_4$, характеризующегося структурой Раддлесдена-Поппера. Возможность протонного переноса в соединениях с блочно-слоевой структурой была впервые показана на примере донорно- [2] и акцепторно-допированных [3] соединений на основе $BaLaInO_4$.

В данной работе путем изовалентного допирования получены сложные оксиды $BaLaIn_{1-x}Sc_xO_4$ ($0 \le x \le 0.1$), исследованы их структура, кислородно-ионная и протонная проводимость. Установлено, что допирование скандием In-подрешетки в $BaLaInO_4$ приводит к росту кислородно-ионной и протонной проводимости. В атмосфере влажного воздуха при температурах ниже 500ºС как недопированный, так и допированный образцы являются протонными проводниками с долей протонного переноса ~90 – 95%.

1. Fujii K., Shiraiwa M., Esaki Y. // J. Mat. Chem. A, 3, 11985 (2015)
2. Tarasova N., Galisheva A., Animitsa I., Ionics, 26, 5075 (2020)
3. Tarasova N., Animitsa I., Galisheva A., J. Solid State Electrochem., 24, 1497 (2020)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРАНСФОРМАЦИИ ОРИЕНТАЦИОННЫХ СТРУКТУР КАПЕЛЬ НЕМАТИКА, ДОПИРОВАННЫХ ГОМЕОТРОПНЫМ СУРФАКТАНТОМ

Абдуллаев А.С.[1], Крахалев М.Н.[2]

[1)] Институт инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета, г. Красноярск, Россия
[2)] Институт физики им. Л.В. Киренского Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», г. Красноярск, Россия
E-mail: abylgazyabdullaev@gmail.com

STUDY OF ORIENTATION STRUCTURES TRANSFORMATION IN NEMATIC DROPLETS DOPED WITH HOMEOTROPIC SURFACTANT

Abdullaev A.S.[1], Krakhalev M.N.[2]

[1)] Institute of Engineering Physics and Radio Electronics Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
[2)] Kirensky Institute of Physics Federal Research Center KSC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

Droplets of polymer dispersed nematic doped with a homeotropic surfactant range from 0 % to 1 % have been investigated. Various orientational structures of nematic droplets and the transitions between them have been studied

Капсулированный полимером нематический жидкий кристалл (КПНЖК) представляет собой полимерную пленку с диспергированными в ней каплями нематика. Светооптические характеристики пленок в основном определяются ориентационной структурой капель жидкого кристалла (ЖК). Ориентационная структура директора ЖК (единичного вектора, направленного вдоль длинных осей молекул) зависит от ряда факторов: граничных условий, форм и размеров капли, соотношения констант упругости ЖК, а также внешнего электрического (магнитного) поля. Так, при тангенциальном сцеплении (директор ориентирован параллельно межфазной поверхности) наиболее часто формируются биполярная конфигурация директора. В случае гомеотропного сцепления (директор ориентирован перпендикулярно к границе раздела) формируется радиальная структура. В КПНЖК пленках так же могут формироваться конические (директор ориентирован под углом к нормали к поверхности капли, отличным от 0° и 90°) и неоднородные граничные условия [1, 2]. Большинство используемых полимеров задают для ЖК тангенциальные граничные условия. Для получения капель с гомеотропными, коническими или неоднородными границами пользуются добавками в виде поверхностно-активных веществ – сурфактантов. Поэтому исследование ориентационных структур капель в полимерной пленке, допированных гомеотропным сурфактантом, является актуальной темой исследования.

В данной работе для получения КПНЖК пленок использовался полимер поливиниловый спирт (ПВС) со степенью гидролиза 98-99 % и молекулярным ве-

сом Mw = 31 000-50 000 и нематик 4’-н-пентил-4-цианобифенил (5ЦБ). В качестве сурфактанта, задающее гомеотропные граничные условия, использовался N1,N2-дигексодецил-N1,N1,N2,N2-тетраметилэтан-1,2-диаммоний дибромид. Образцы изготавливались методом эмульгирования [3]. Водные эмульсии ЖК-ПВС допировались сурфактантом с концентрацией в диапазоне от 0% до 1% (по весу) по отношению к ЖК. В данной работе были получены пленки разной с концентрацией сурфактанта. Было установлено, что для концентраций сурфактанта в диапазоне от 0,1% до 1% характерно одновременное формирование капель как с тангенциальными, гомеотропными и неоднородными граничными условиями (рисунок 1).

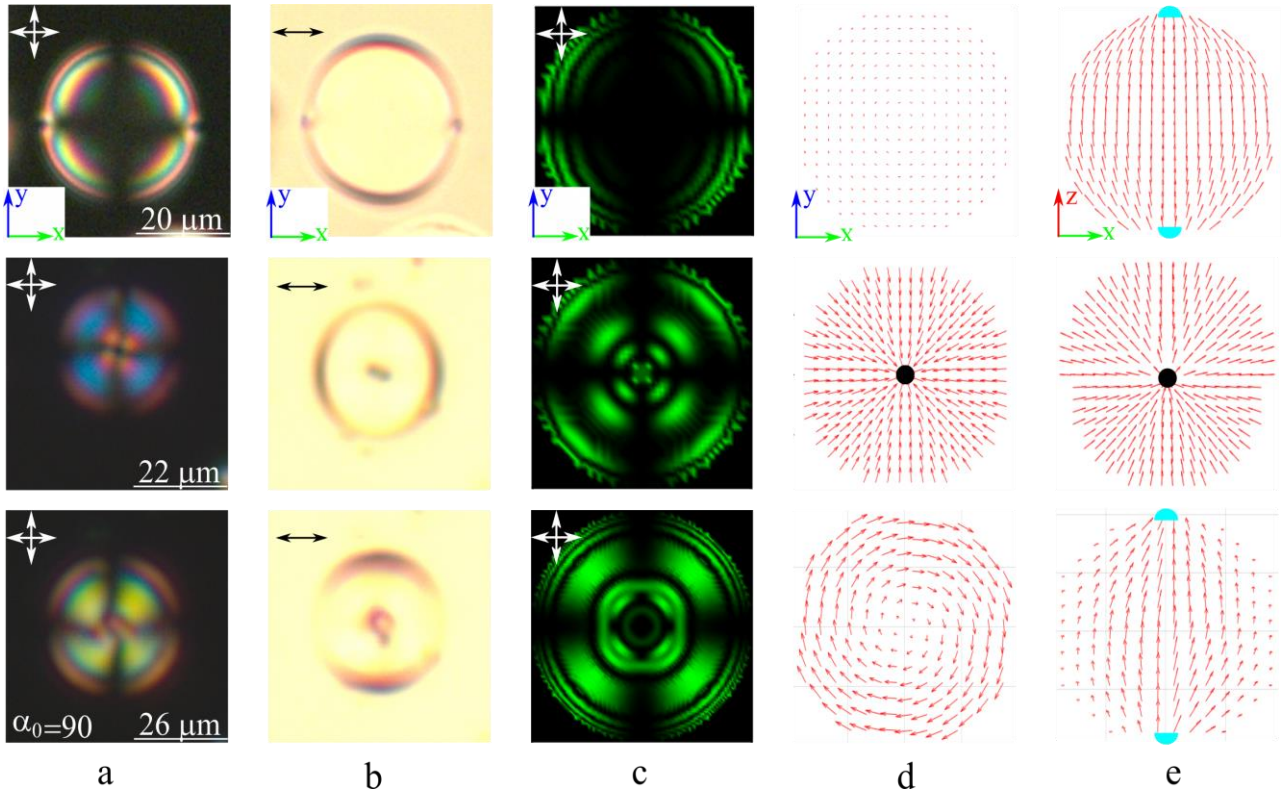


Рис. 1. Капли нематика с биполярной (первый ряд), радиальной (второй ряд) и закрученной-биполярной (третий ряд) конфигурациями директора: в скрещенных поляризаторах (a); с выключенным анализатором (b); рассчитанные оптические текстуры (c); сечения экваториальной (d) и меридианной (e) плоскостях.

Появление в одном и том же образце капель с различными граничными условиями довольно необычно. В случае тангенциального сцепления наблюдаются капли с закрученной-биполярной конфигурацией с углом закрутки a0 равным 90º (рис. 1 третий ряд). Был исследован процесс трансформации от радиальной структуры к закрученной-биполярной конфигурации при постепенном высыхании композитной пленки, сопровождающийся изменением граничных условий. Была предложена модель наблюдаемого перехода, заключающаяся в формировании в капле неоднородных граничных условий, сопровождающемся переходом от радиальной к закрученной радиальной структуре точечного дефекта в объеме.

Для наблюдаемых структур и их трансформаций смоделированы конфигурации директора и текстурные картины, наблюдаемые в геометрии скрещенных поляризаторов (рис. 1 с-е).

1. Prishepa, O. O. Director configurations in nematic droplets with inhomogeneous boundary conditions / O. O. Prishepa, A. V. Shabanov, V. Ya. Zyryanov // Phys. Rev. E. – 2005. – Vol. 72. P. 031712.
2. Rudyak V. Yu. Orientational structures in nematic droplets with conical boundary conditions / V. Yu. Rudyak, M. N. Krakhalev, O. O. Prishchepa, V. S. Sutormin, A. V. Emelyanenko, V. Ya. Zyryanov // JETP Letters. – 2017. – Vol. 106. No. 6. – pp. 384–389.
3. Drzaic, P. S. Liquid crystal dispersions / P. S. Drzaic. – Singapore: World Scientific. 1995. – p. 430.

INVESTIGATION THE PRESSURE RELAXATION TIME OF N-DIMENSIONAL SPHERICAL BUBBLE WITHIN Fe_3O_4- NANOFLUID

A. K. Abu-Nab[1, 3], A. F. Abu-Bakr[2, 3]

[1)] Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Russia
[2)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[3)] Menoufia University, Shebin El-Koom, Egypt

E-mail: abunab.ak@phystech.edu

The pressure relaxation time[1-3] is a method of evaluation of a time constant that describes relaxation heat exchange between vapour bubble and superheated liquid at saturation temperature and a non-steady temperature field.

The present work is devoted to study the pressure relaxation time of an N-The process of transition of the thermodynamic system from non-equilibrium to equilibrium is called relaxation. The time during which the phenomenon is taking place, is called relaxation time. The measurement of pressure relaxation time is used in the application of physical and engineering phenomena.

The present work is devoted to study the pressure relaxation time of an N-dimensional spherical bubble immersed in a viscous nanofluid. The problem is presented theoretically and solved analytically with the relaxed model with unequal pressure of the vapor bubble and non-steady pressure field around the growing of vapor bubble. Pressure relaxation time is studied with the different values of physical parameters, such as void fraction, thermal diffusivity, initial superheating liquid, and the concentration of volume fraction of nanoparticles. In addition, the current model gives a good agreement with Mohammadein and Moby Dick's experimental [2,3] in terms of the non-equilibrium homogeneous model for lower values initial void fraction. Besides, the obtained results demonstrate that the bubble radius grows slowly when increasing N-dimensional through effect the thermo-physical properties on Fe_3O_4- particles.

Moreover, the present model of nanoparticles has a significant role in the bubble departure time. Furthermore, the bubble radius affected by nanoparticles-Fe_3O_4 is decreased with time comparing with the case in pure water.

1. Bilicki Z, Kestin J, Pratt MM (1990) A reinterpretation of the results of the Moby Dick experiment in terms of the non-equilibrium model. J Fluid Eng Trans ASME 112:212–217
2. Bilicki Z, Kwidzinski R, Mohammadein SA (1996) An estimation of a relaxation time of heat and mass exchange in the liquid–vapour bubble flow. Int J Heat Mass Transfer 39(4):753–759.
3. Mohammadein SA (2003) The derivation of thermal relaxation time between two-phase bubbly flow, Heat Mass Transfer (2006) 42: 364–369

THE (2+1)-DIMENSIONAL COUPLED CUBIC-QUINTIC COMPLEX GINZBURG-LANDAU EQUATIONS IN BINARY FLUID CONVECTION AND SOLITARY WAVE SOLUTIONS

Ehab S. Selima[1], Ahmed K. Abu-Nab[1, 2], Adel M. Morad[1, 3]

[1)] Menoufia University, Shebin El-Koom, Egypt
[2)] Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Russia
[3)] Southern Federal University, Rostov on Don, Russia

E-mail: ahmed.abunab@yahoo.com

Many features of binary fluid thermal convection can be modeled by the coupled cubic-quintic complex Ginzburg-Landau equations(CC-QGLEs) including complex physical coefficients.

Many features of binary fluid thermal convection can be modeled by the coupled cubic-quintic complex Ginzburg-Landau equations(CC-QGLEs) including complex physical coefficients. This model of thermal convection can be a quite useful tool to analyze the pattern formations in nonlinear and chaotic dynamical systems. The main goal of this study is to give exact solutions to some recent advances made for Rayleigh-Bénard convection by using the CC-QGLEsmodel for the slowly varying spatio-temporal amplitudes of the wave propagation. The integrability of the proposed coupled model equations is analyzed by applying the Painlevé technique. Besides, the Bäcklund transformation (BT) is established using the Painlevé truncation expansion. New traveling solitary wave solutions of the CC-QGLES are obtained via the BT, and other analytical methods to study the effect of the physical parameters on the propagating waves' profiles. The dispersion relations and their properties to the considered model of equations are investigated. Finally, two- and three-dimensional graphics of the obtained model solutions are presented to perform a comparison with previous related works.

1. Ehab S. Selima, Aly R. Seadawy, Xiaohua Yao and F. A. Essa. Integrability of the coupled cubic–quintic complex Ginzburg–Landau equations and multiple-soliton solutions via mathematical methods, Modern Physics Letters, 32 (4), 1850045 (2018).
2. Orazio Descalzi and Helmut R. Brand. Class of compound dissipative solitons as a result of collisions in one and two spatial dimensions, Physical Review E, 90, 020901 (2014).

ВКЛАД НАНОЧАСТИЦ Al_2O_3 В СТРУКТУРУ И ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К ИЗМЕНЕНИЮ СКОРОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ НЕЛЕГИРОВАННОГО АЛЮМИНИЯ МАРКИ А0

Ахмадиева А.А.[1], Кахидзе Н.И.[1], Хрусталёв А.П.[1], Жуков И.А.[1]

[1)] Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

E-mail: nas99.9@yandex.ru

CONTRIBUTION OF Al_2O_3 NANOPARTICLES TO THE STRUCTURE AND SENSITIVITY TO CHANGES IN THE STRAIN RATE OF UNDOPED ALUMINUM GRADE A0

Akhmadieva A.A.[1], Kahidze N.I.[1], Khrustalyov A.P.[1], Zhukov I.A.[1]

[1)] National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

The paper investigates the effect of Al_2O_3 nanoparticles on the structure and deformation behavior of commercial grade aluminum. The results of the study of the microstructure on an electron scanning microscope are presented. The results of tensile tests of the investigated alloys at a strain rate

При введении в расплав металла дисперсных нано- и микрочастиц можно существенно повысить механические характеристики исходного сплава [1]. В большинстве публикаций с исследованием влияния нано-частиц на свойства алюминиевых сплавов базовый сплав имеет сложный химический состав, что не позволяет полностью оценить вклад конкретно наночастиц [2,3]. Цель данной работы: изучение влияния различных концентраций наночастиц оксида алюминия Al_2O_3 на структуру и механические свойства технически чистого алюминия марки А0.

Сплавы для исследования были получены методом литья в стальной кокиль. В расплав алюминия марки А0 ($Al \geq 99$ %) при температуре 730 °С вводились наночастицы размером 50 нм в составе лигатуры, полученной методом ударно-волнового компактирования [4] для получения отливок, содержащих 0/0.1/0.5/1/1.5/2 мас. % наночастиц Al_2O_3. При введении лигатур расплав был обработан внешними полями: механическое перемешивание, ультразвуковая обработка, вибрационное воздействие. Перед проведением исследований сплавы прошли термический отжиг при температуре 300 °С в течение 1-го часа.

Микроструктура полученных сплавов была изучена на электронном сканирующем микроскопе Tescan Vega II LMU методом EBSD, средний размер зерна посчитан методом случайных секущих. Стандартные плоские образцы одноосно растягивались на сервогидравлическом стенде INSTRON 40/50-20 при скоростях деформации 0.001–0.1 $с^{-1}$, на основании чего были получены параметры чувствительности к скорости деформации SRS.

Средний размер зерна исходного сплава А0 составил 200 мкм, а у сплавов, содержащих 0.5 и 1.0 мас. % Al_2O_3 — 112 и 69 мкм, соответственно. В результате испытаний на растяжение при повышении скорости деформации с 0.001 до 0.1 $с^{-1}$ отмечено заметное деформационное упрочнение исследуемых сплавов. Сплавы, содержащие 0.1, 0.5 и 1 мас. % Al_2O_3, демонстрируют увеличение предела текучести с 19 до 33, с 20 до 24 и с 18 до 36 МПа, предела прочности с 70 до 73, 69 до 77 и с 66 до 84 МПа, соответственно. Данная тенденция сохраняется и для исходного сплава: для предела текучести 11→31 МПа и предела прочности 46→79 МПа. Однако, увеличению скорости деформации сопутствует неизбежное уменьшение значений максимальных деформаций. Наиболее выражено это у сплава, содержащего 0.1 мас. % Al_2O_3, показатель которого уменьшается с 48 до 38 %. На основании результатов от испытаний на растяжение был определен параметр SRS, отражающий чувствительность к изменению скорости деформации. Исходному сплаву А0 соответствует значение параметра в 0.223, а у сплавов с наночастицами значение определяется в диапазоне 0.150–0.065.

1. A. P. Khrustalyov, A. A. Kozulin, I. A. Zhukov, et al., Metals (c), Iss. 9, 1030, (2019)
2. Кахидзе Н. И., Ахмадиева А. А., Гизатулина Н. Р. и др., Физика твердого тела : сб. мат. студ. конф., С. 33–35, (2020)
3. Н. И. Кахидзе, М. Г. Хмелева, А. П. Хрусталёв, И. А. Жуков, Проблемы механики: тезисы докладов, С. 86–87, (2020)
4. Ворожцов С.А., Кудряшова О.Б., Лернер М.И., Ворожцов А.Б., Хрусталёв А.П, Первиков А.В., Известия высших учебных заведений. Физика, №7, (2017)

ОЦЕНКА ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ СТЕКЛЯННОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ PHY-X И РАСЧЕТНОГО КОДА GEANT 4

Аладаилах М. В.[1], Ширманов И.А.[1], Стругов Е. Д.[1], Ташлыков О.Л.[1],
Эке К.[2], Илдырым А.[2]

[1)] Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Университет Акдениз, г. Анталья, Турция
E-mail: aladailehmotaz@gmail.com

ASSESSMENT OF PROTECTIVE PROPERTIES OF A GLASS SYSTEM USING PHY-X SOFTWARE AND GEANT 4 CALCULATION CODE

Aladailah M.W.[1], Shirmanov I.A.[1], Strugov E.D.[1], Tashlykov O.L.[1],
Eke C.[2], Yildirim A.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Akdeniz University, Antalya, Turkey

Presents the results of calculating the protective properties of a glass system against gamma radiation using the Phy-x software and the Geant 4 calculation code for the energy range 0,122-1,46 MeV.

В связи с развитием применения объектов атомной энергии в различных областях медицины (лечения и диагностики онкологических заболеваний) и других объектов использования атомной энергетики стало уделяться большое внимание защите персонала и оборудования от опасного ионизирующего излучения. Для уменьшения последствий воздействия излучения наиболее распространено экранирование с использованием различных защитных материалов [1,2].

Стекла, благодаря своим свойствам и составу, являются перспективными материалами, обладающие отличной радиационной стойкостью и могут быть использованы в различных технологических решениях. Некоторые физические свойства стекол могут быть улучшены с помощью применения некоторых добавок в их состав.

В представленной работе рассматривается компьютерное моделирование радиационной защиты из стеклянной системы Y_2O_3-MnO_2-Al_2O_3-SiO_2-CaO с помощью программного обеспечения Phy-x и расчетного кода Geant 4 в диапазоне энергий 0,122-1,46 МэВ [3]. На представленном ниже рисунке 1 показаны результаты расчета слоя половинного ослабления для разных образцов стекла. Расчет необходимых поглощающих свойств радиационной защиты был выполнен при помощи высокопрецизионных расчетных кодов, использующих метод Монте-Карло.

Рассматривались разные компоновки данной стеклянной системы с различным массовым содержанием Y_2O_3 и MnO_2 в составе стекла с целью получения оптимального состава защиты от радиационных параметров радиоактивных сред.

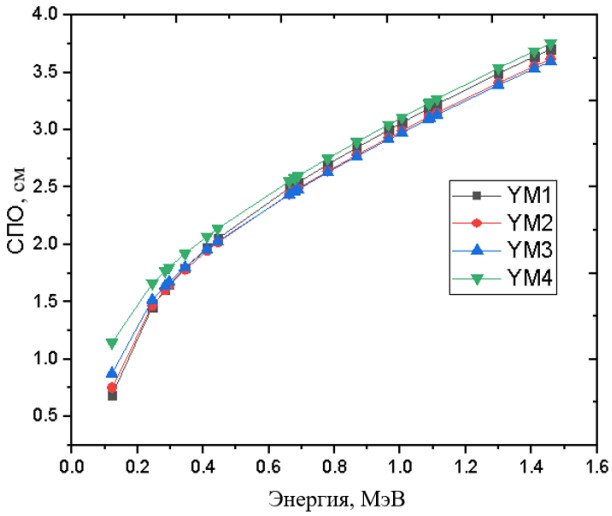


Рис. 1. Слой половинного ослабления

1. I. M. Russkih, O. L. Tashlykov, Proceedings of the first scientific and technical conference of young scientists UralENIN, 254-257 (2016).
2. A. F. Mikhailova and O. L. Tashlykov, Nuclear physics and engineering, 4, 393-401 (2018).
3. N. Bansal, G. Kaur, K. Singh, Braunite phase embedded Y2O3/MnO2-Al2O3-CaO-SiO2 glass ceramics and their properties, Materials Research Bulletin, 98 (2018) 34-40.

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ И ЛИТЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

Алексеев И.А.[1], Аникеев А.Н.[1], Чуманов И.В.[1]

[1)] ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)", г. Челябинск, Россия

E-mail: 79058311597@ya.ru

ENGAGING NUMERICAL MODELING TO ANALYZE METALLURGICAL AND CASTING PROCESSES

Alekseev I.A.[1], Anikeev A.N.[1], Chumanov I.V.[1]

[1)] South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

This theses present the numerical modeling of direct current electroslag remelting process and hardening dispersed carbides injection in centrifugal casting process. The computer software for modeling this processes has been described

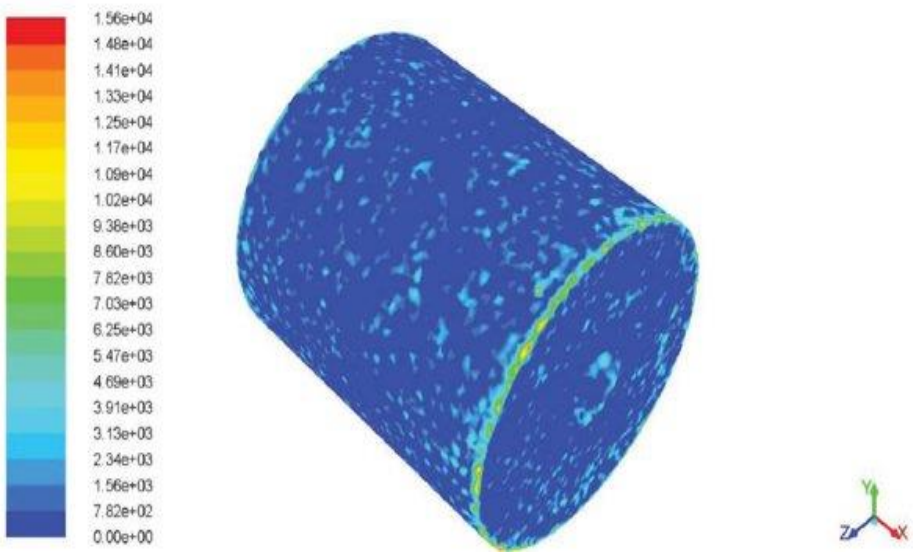


Рис. 1. Численное моделирование распределения упрочняющих карбидов при центробежном литье

Изучение металлургических и литейных процессов в реальном времени довольно затруднительно ввиду наличия высоких температур, высокого напряжения, масштабности установок для плавки и литья. В следствие этого, получение сведений о протекании химических и физических явлений внутри установок во время плавки и кристаллизации металла достигается путем анализа полученных заготовок или снятие пробы с поверхности расплава.

Развитие компьютерных технологий и открытие новых математических методов для изучения окружающей действительности позволили производить моделирование и анализ процессов с помощью численных методов, осуществляемых на высокомощных вычислительных машинах.

Наиболее распространенными программными комплексами для численного моделирования подобных процессов являются ANSYS, SolidWorks, CATIA, ProCAST, OpenFOAM и прочие, причем первые 4 представителя являются коммерческими продуктами, а OpenFOAM является свободно распространяемым комплексом, поддерживаемым специальным фондом. При численном моделировании процессов критически важным аспектом является качество расчетной сетки, которое сильно ограничивается в коммерческих расчетных пакетах.

Моделирование [2] влияния магнитного поля на изменение траектории движения капли при электрошлаковом переплаве проводился в программном комплексе ANSYS Fluent 16 в двухмерной системе координат. Данный анализ позволил наглядно продемонстрировать различие в траектории движения капель в случае наличия магнитного поля и без него. В случае с наложением магнитного поля на траекторию движения капли сильное воздействие оказывала сила Лоренца, под действием которой капля металла уходила с прямолинейной траектории и двигалась к периферии кристаллизатора. При приближении к стенкам кристаллизатора происходило подавление силы Лоренца за счет однополярности зарядов в капле и стенке кристаллизатора, что вызывало зигзагообразное движение капли по всей длине шлаковой ванны. Целью работы было определение критического значения силы Лоренца для его гарантированного подавления гравитационными силами, создаваемыми путем вращения электрода [3].

Моделирование [1] распределения упрочняющих дисперсных частиц твердых и тугоплавких карбидов проводился в комплексах ANSYS Fluent 16 и OpenFOAM v2012. Анализ результатов моделирования показал, что при внедрении частиц в струю кристаллизующегося расплава имеет место винтовое распределение, создающее неоднородность градиента свойств в продольном направлении. Создание радиального градиента было подтверждено. Целью моделирования является нахождение оптимальной концентрации вводимых упрочняющих дисперсных карбидов для обеспечения достаточного и равномерного распределения частиц в теле закристаллизовавшейся заготовки. Нахождение оптимальной концентрации внедряемых частиц определяется благодаря получению достаточно точных сведений о распределении всех частиц в зависимости от их состава, массы и диаметра.

1. Wang Q., Zhang L., Determination for the Entrapment Criterion of Non-metallic Inclusions by Solidification Front During Steel Centrifugal Continuous Casting, Metallurgical and materials transactions B, V. 47, P. 1933-1949, 2016.
2. Schubert C., Ruckert A., Pfeifer H., Numerical simulation approach for modeling the ESR process with a rotating electrode, Processings of the Liquid Metal Processing & Casting. P. 217-224, 2017.
3. Chumanov, I.V., Chumanov V.I., Technology for electroslag remelting with rotation of the consumable electrode, Metallurgist, V. 45, P. 125-128, 2001.

СИНТЕЗ НОВЫХ АЗА- И ОКСО-ЗАМЕЩЕННЫХ БОРАЦИКЛОВ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛЮМИНОФОРОВ

Аль-Гези Басим[1], Сантра С.[1], Ковалев И.С.[1], Копчук Д.С.[1, 2], Зырянов Г.В.[1,2], Чупахин О.Н.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского, Уральское Отделение РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: basem8326@gmail.com

SYNTHESIS OF NEW AZA- AND OXO-SUBSTITUTED BORACYCLES AS PROMISING LUMINOPHORES

Al-Gezi Baseem[1], Santra S.[1], Kovalev I.S.[1], Kopchuk D.S.[1, 2], Zyryanov G.V.[1, 2], Chupakhin O.N.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] I. Ya. Postovsky Institute of Organic Synthesis, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

New aza- and oxo-derivatives of boracycles were prepared. These compounds were found to posses intriguing photophysical properties in a solution and solid state.

Циклические бор-содержащие органические соединения (борациклы) представляют интерес для медицинской химии в качестве реагентов для бор-нейтронзахватной терапии опухолей, а также для химии материалов в качестве перспективных люминофоров, в том числе проявляющих в растворах и твердом состоянии эмиссию, индуцированную агрегацией (AIE – aggregation induced emission). В связи с этим востребованными являются эффективные методы получения новых борсодержащих соединений.

В рамках наших исследований нами разработаны методы получения аза- и оксо-содержащих борациклов, 1 и 2 (Рисунок 1).

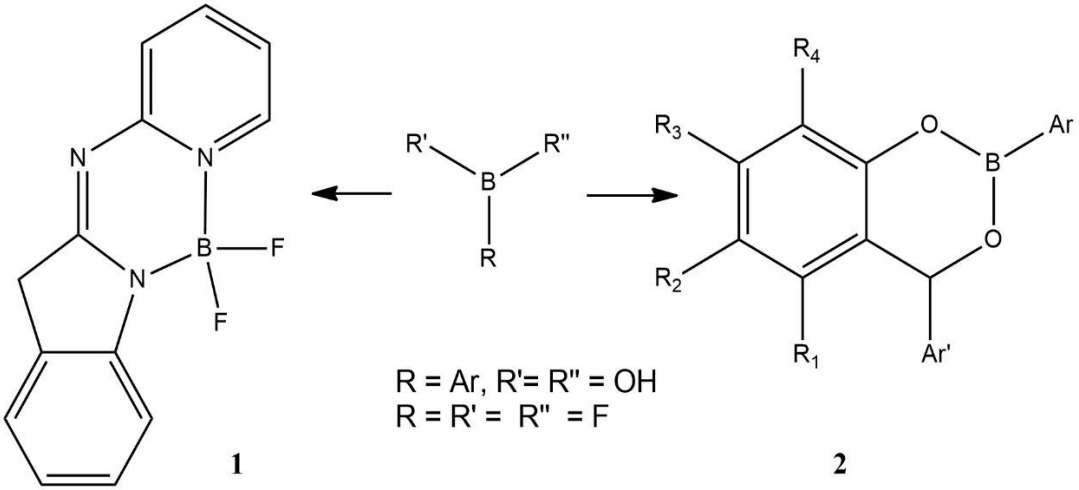


Рис. 1. Синтез борациклов 1-2

Разработанные нами синтетические приемы позволяют получать широкие ряды соединений, несущих различные заместители на периферии ароматических фрагментов. Далее полученные таким образом борациклы были детально исследованы на предмет проявления ими фотофизических свойств в органических растворах. В результате, продемонстрировано влияние природы заместителей в составе люминофоров 1-2 на батохромный сдвиг эмиссии и абсорбции (до 100 нм), а также показано влияние природы растворителей на смещение максимумов абсорбции и эмиссии и величину квантового выхода. Кроме того, была изучена фотолюминесценция некоторых их данных борациклов в твердом состоянии.

Таким образом, синтезированные нами борациклы 1-2 являются перспективными объектами для дальнейших исследований.

Работа выполнена выполнена при поддержке РНФ (грант № 19-73-10144)

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ КАРБИДА КРЕМНИЯ В РАСПЛАВЛЕННЫХ СОЛЯХ НА ОСНОВЕ FLINAK

Алимгулов Р.Р.[1], Абрамов А.В.[1], Трубченинова А.И.[1], Половов И.Б.[1], Чукин А.В.[1], Жиляков А.Ю.[1], Ребрин О.И.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия

E-mail: alimgulovruslan@rambler.ru

CORROSION RESISTANCE OF SILICON CARBIDE IN MOLTEN FLINAK BASED SALTS

Alimgulov R. R.[1], Abramov A.V.[1], Trubcheninova A.I.[1], Polovov I.B.[1], Chukin A.V.[1], Zhilyakov A.Y.[1], Rebrin O.I.[1]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

The corrosion resistance of silicon carbide obtained by hot pressing (HP SiC), sintering (SSiC) and reaction sintering (SiSiC) methods was investigated. Specimens were exposed in fused FLiNaK mixture, containing UF_4, CeF_3, NdF_3, Te. The mechanism of corrosion processes was determined and described.

Жидкосолевые реакторы (ЖСР) относятся к наиболее перспективным усовершенствованным ядерным реакторам IV поколения. Жидкосолевые реакторы охлаждаются фторидными солями, которые отличаются высокой агрессивностью по отношению к большинству конструкционных материалов. Поэтому реализация проекта ЖСР требует выбора конструкционных материалов, стойких не только в условиях высоких температур и облучения, но и устойчивых в том числе к расплавам фторидных солей.

Одним из перспективных материалов для работы в среде фторидных солей является карбид кремния. Данный материал наряду с хорошими механическими свойствами обладает высокими эксплуатационными показателями при повышенных температурах в условиях нейтронного облучения и является химически инертным материалом. Для данного исследования были выбраны образцы карбида кремния, полученные методами горячего прессования, свободного спекания и реакционного спекания. Образцы выдерживали в расплавленной соли FLiNaK, содержащей имитаторы продуктов деления (NdF_3, CeF_3, Te) и делящегося материала (UF4). Испытания проводили в инертной атмосфере в температурном диапазоне 650–750 °C и временном интервале 100–800 часов.

Установлены механизмы коррозии образцов карбида кремния, синтезированных различными способами. Коррозионные процессы данных материалов в контакте с расплавленной солью протекают за счет химического взаимодействия остаточного элементарного кремния с фторидами, однако если материал является пористым, то коррозионное разрушение усиливается за счет проникновения солевой среды в объем материала.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Госкорпораии "Росатом" (ГК № Н.4ц.241.09.20.1101).

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ $EuCo_XFe_{1-X}O_{3-\Delta}$ ($0 \le X \le 1$)

Альхамова А. Д.[1], Галайда А. П.[1, 2], Волкова Н. Е.[1], Гаврилова Л. Я.[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

CRYSTAL STRUCTURE AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF $EuCo_XFe_{1-X}O_{3-\Delta}$ ($0 \le X \le 1$) COMPLEX OXIDES

Alkhamova A. D.[1], Galayda A. P.[1, 2], Volkova N. E.[1], Gavrilova L. Ya.[1]

[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

The XRD patterns of single phase $EuFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$ ($0 \le x \le 1$) solid solutions were indexed in the orthorhombic structure (sp. gr. Pbnm). Thermal expansion, electrical conductivity and Seebeck coefficient of $EuFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$ were measured within the temperature range of 25-1100ºC in air.

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. 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°С на воздухе, с последующей закалкой или медленным охлаждением до комнатной температуры. Фазовый состав образцов контролировался рентгенографически. Идентификацию фаз проводили при помощи картотеки ICDD и программного пакета «fpeak». Уточнение структурных параметров осуществляли методом полнопрофильного анализа Ритвелда в программе «FullProf 2008». Кислородная нестехиометрия исследуемых фаз была определена в широком диапазоне температур методами высокотемпертаурной термогравиметрии (ТГА) и йодометрического титрования. Коэффициент термического расширения (КТР) образцов был рассчитан из дилатометрических данных в интервале температур 25-1100ºС. Электротранспортные свойства образцов $EuFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$ изучали 4-х контактным методом на воздухе.

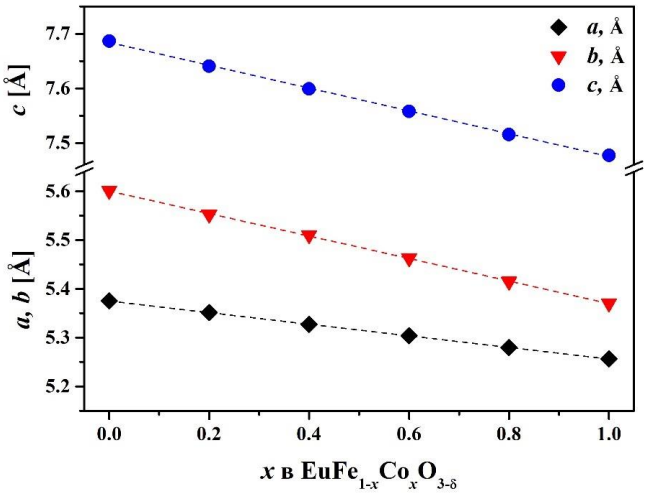


Рис. 1. Зависимости параметров элементарной ячейки оксида от состава твёрдого раствора $EuFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$

По данным рентгенофазового анализа установлено, в системе $EuFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$ образуются непрерывный ряд твёрдых растворов в интервале составов $0 \le x \le 1$. Рентгенограммы всех образцов были описаны в рамках орторомбической ячейки (пр. гр. Pbnm). Из рентгенографических данных были рассчитаны параметры элементарной ячейки $EuFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$ и координаты атомов. Установлено, что увеличение концентрации кобальта в образцах приводит к линейному уменьшению параметров и объема элементарной ячейки твёрдых растворов, что можно объяснить с точки зрения размерных эффектов. Концентрационные зависимости параметров и объема элементарной ячейки $EuFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$ хорошо подчиняются правилу Вегарда.

Методами йодометрического титрования, полного восстановления образцов в токе водорода и ТГА выбыло установлено, что содержания кислорода (3-δ) для всех образцов $EuFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$ (x = 0.2; 0.5; 0.8) близко к стехиометрическому значению в интервале температур 25-1100ºС.

Показано, что с увеличением содержания кобальта в образцах $EuFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$ значения средних КТР увеличиваются, что связано с тем, что кобальт является более электроотрицательным элементом по сравнению с железом и, следовательно, прочность связи между 3d-металлом и кислородом ослабевает при введении кобальта.

Положительные значения коэффициента Зеебека для твердых растворов $EuFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$ во всем изученном интервале температур свидетельствуют о преимущественно дырочном типе проводимости. Увеличение общей проводимости с температурой связано с увеличением подвижности носителей заряда (электронных дырок, локализованных на атоме 3d- металла).

1. Galayda A. P., Volkova N. E. [et al.], J. Alloys Compd., 718, 288–297 (2017)

СИНТЕЗ И ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА КИСЛОРОД-ДЕФИЦИТНЫХ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ФАЗ $Ba_2MZrO_{5,5}$ (M – Er, Yb)

Андреев Р.Д.[1, 2], Коровин С.А.[1], Анимица И.Е.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ИВТЭ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: andreev.roman@urfu.ru

SYNTHESIS AND TRANSPORT PROPERTIES OF THE PEROVSKITE-LIKE OXYGEN-DEFICIENT COMPOUNDS $Ba_2MZrO_{5,5}$ (M – Er, Yb)

Andreev R.D.[1, 2], Korovin S.A.[1], Animitsa I.E.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of High Temperature Electrochemistry, Yekaterinburg, Russia

The goal of the work is to investigate physico-chemical properties of the oxygen-deficient complex oxides $Ba_2MZrO_{5,5}$ (M – Er, Yb). The compositions were obtained through the combustion route. Structure, process of hydration and transport properties were investigated.

Поиск соединений, способных проявлять высокие значения протонной проводимости, по-прежнему является важной материаловедческой задачей. Протонные проводники находят широкое применение в качестве компонентов различных электрохимических устройств: топливных элементов, газовых сенсоров, водородных насосов и т.д. [1] Возникновение протонной проводимости в сложных оксидах обусловлено процессом диссоциативного поглощения молекул воды из газовой фазы. Возможность инкорпорирования паров воды в свою очередь обуславливается наличием вакантных позиций в кислородной подрешётке сложных оксидов. Среди соединений, потенциально способных проявлять протонную проводимость, определённый интерес представляют фазы со структурным разупорядочением кислородной подрешётки; в них кислородный дефицит обусловлен отсутствием части атомов кислорода в кристаллической решётке. В частности, интересны для исследования фазы с общей формулой $A_4B_4O_{11}$. В данных фазах реализуется наиболее оптимальное соотношение между возможным количеством поглощаемой воды, то есть концентрацией протонных носителей заряда и величинами их подвижностей [2]. В свою очередь, путём гетеровалентного замещения катионов в B-подрешётке можно добиться упорядочения разноразмерных катионов в структуре сложного оксида. Это будет способствовать статистическому распределению кислородных вакансий и, как следствие, реализации более высоких значений проводимости.

Цель настоящей работы – физико-химическое исследование двойных перовскитов состава $Ba_2ErZrO_{5,5}$ и $Ba_2YbZrO_{5,5}$. Возможность проявления соединени-

ями протонной проводимости, а также потенциально высокие значения подвижностей протонов позволяют рассматривать исследуемые фазы в качестве перспективных материалов для протонообменных мембран в топливных элементах.

В настоящей работе методом сжигания нитрат-органических прекурсоров были получены соединения состава $Ba_2ErZrO_{5,5}$ и $Ba_2YbZrO_{5,5}$, также была проведена их рентгенофазовая аттестация. Установлено, что соединения имеют структуру двойного кубического перовскита и описываются пространственной группой Fm-3m. Параметры элементарной ячейки соединений состава $Ba_2ErZrO_{5,5}$ и $Ba_2YbZrO_{5,5}$ равны a=8.489 Å и a=8.467 Å соответственно. На рисунке 1 представлены рентгенограммы полученных соединений.

Методом термогравиметрического анализа впервые были исследованы процессы гидратации образцов. Было установлено, что исследуемые соединения способны к обратимому диссоциативному поглощению паров воды из газовой фазы. Методом импедансной спектроскопии впервые были исследованы транспортные свойства соединений в широком диапазоне температур при различных значениях парциальных давлений кислорода и паров воды. Было установлено, что исследуемые соединения способны проявлять протонную проводимость в атмосферах с высоким содержанием паров воды.

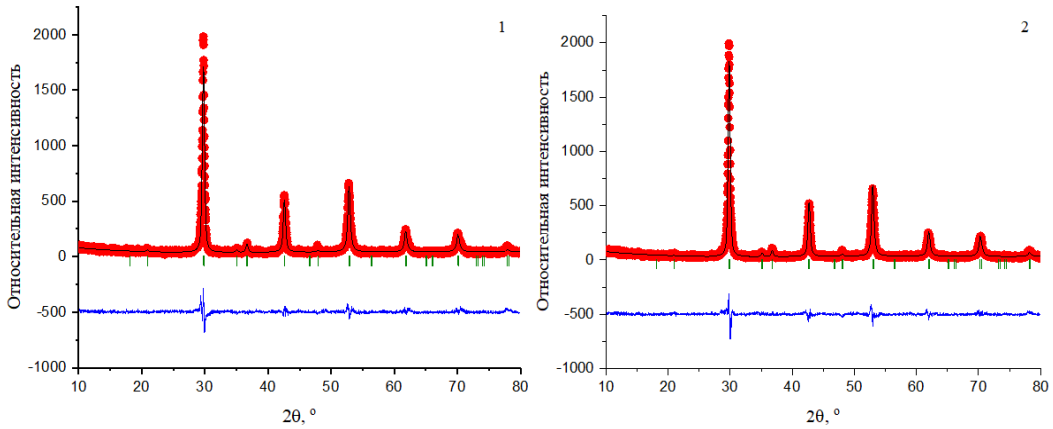


Рис. 1. Рентгенограммы образцов состава $Ba_2ErZrO_{5,5}$ (1) и $Ba_2YbZrO_{5,5}$ (2)

1. (Reijers R., Haije W.),(Energy research Centre of the Netherlands),(8),(1–58),(2008)
2. (Hagenmuller P., Pouchard M., Grrenier J. C.),(J. Mater. Educ.),(12),(297–324),(1990)

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ СВЕРХУПРУГОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ Ti-Zr-Nb С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ Zr

Барилюк Д.В.[1]

[1)] Национальный исследовательский технологический университет МИСиС, г. Москва, Россия

E-mail: DanyBary@mail.ru

STRUCTURE OF THE NOVEL SUPERELASTIC Ti-Zr-Nb ALLOY WITH A HIGH Zr CONTENT

Barilyuk D.V.[1]

[1)] National university of Science and Technology MISiS, Moscow, Russia

The novel superelastic Ti-42Zr-11Nb (at.%) alloy was examined by the EDS and XRD techniques. The lattice parameters of β and α'' phases were measured using XRD data to calculate the crystallographic recovery strain limit. The maximum transformation strain of 5.6% was obtained in the [011]β direction

Одним из ключевых направлений современного материаловедения является создание полностью биосовместимых металлических материалов для замены костной ткани. Классические сплавы с эффектом памяти формы на основе Ti-Ni обладают высокими функциональными свойствами, но вызывают аллергическую реакцию при имплантации в организм. Перспективной заменой этим сплавам могут стать сплавы системы Ti-Zr-Nb [1, 2].

Сплавы с повышенным содержанием циркония демонстрируют высокие значения теоретического ресурса обратимой деформации [3]. Наиболее полная реализация данного ресурса возможна при условии оптимального фазового состава материала при комнатной температуре. Решение этой задачи возможно путем оптимизации химического состава материала. Таким образом, целью данной работы является получение сверхупругого титанового сплава медицинского назначения с новым химическим составом Ti-42Zr-11Nb и изучение его структуры.

В дуговой вакуумной печи был получен лабораторный слиток состава Ti-42Zr-11Nb (ат.%). Для гомогенизации полученного сплава был проведен отжиг при 950 °C в течение часа с закалкой в воду и термомеханическая обработка (ТМО), включающая в себя холодную прокатку со степенью деформации e = 0.3 и последеформационный отжиг при 550 °C с закалкой в воду. Исследование химического состава было проведено методом энергодисперсионной спектроскопии (ЭДС) на сканирующем электронном микроскопе. Интегральный химический состав сплава составил: Ti-46.9±0.6, Zr-42.0±0.3, Nb 10.8±0.2, что подтверждает хорошее соответствие действительного состава номинальному. Микроструктура образца после гомогенизации была исследована с помощью инвертированного светового микроскопа. Средний размер зерна составил 465±92 μм. После проведения ТМО фазовый состав сплава был изучен методом рентгеновской

дифракции (XRD). Основываясь на данных, представленных на рисунке 3, для исследуемого сплава были рассчитаны параметры кристаллической решетки и кристаллографический ресурс обратимой деформации в направлении [011]β [4].

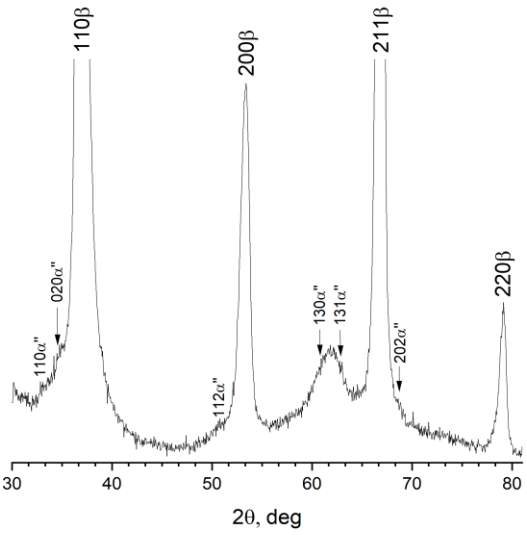


Рис. 1. Рентгенограмма сплава Ti-42Zr-11Nb после ТМО.

Параметры кристаллической решетки для β-фазы: a=0.3429 нм; для фазы α": a=0.3190 нм, b=0.5123 нм, c=0.4795 нм. Максимальный кристаллографический ресурс обратимой деформации составил 5,6% в направлении [011]β.

Таким образом, исследуемый сплав обладает перспективным фазовым составом и высоким теоретическим ресурсом обратимой деформации и поэтому представляет интерес для дальнейшего исследования особенностей микроструктуры и функциональных свойств.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания (код проекта 0718 2020 0030)

1. J. Fu, A. Yamamoto, H.Y. Kim, H. Hosoda and S. Miyazaki, Acta Biomaterialia 17, 56-67, (2015).
2. A. S. Konopatskii, Yu. S. Zhukova, S. M. Dubinskii, A. A. Korobkova, M. R. Filonov and S. D. Prokoshkin, Metallurgist 60, 223-228, (2016).
3. H.Y. Kim, S. Miyazaki, Ni-Free Ti-Based Shape Memory Alloys, Butterworth-Heinemann, 57-59, (2018).
4. Yu. S. Zhukova, M. I. Petrzhik and S. D. Prokoshkin, Russian Metallurgy (Metally) 2010, 1056-1062, (2010).

СТРУКТУРА И КИСЛОРОДНАЯ НЕСТЕХИОМЕТРИЯ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В СИСТЕМАХ Ln – Ba – Fe – Co – O (LN=Dy, Ho)

Бастрон И.А.[1], Волкова Н.Е.[1], Гаврилова Л.Я.[1]

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

STRUCTURE AND OXYGEN NONSTOICHIOMETRY OF COMPLEX OXIDES IN THE Ln – Ba – Fe – Co – O (LN=Dy, Ho)

Bastron I.A.[1], Volkova N.E.[1], Gavrilova L.Ya.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Samples of overall composition $Ba_{1-x}Ln_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$ and $BaFe_{1-z}Ln_zO_{3\ \delta}$ (Ln=Dy, Ho) were prepared by glycerin nitrate technique. Structural parameters were refined using the Rietveld analysis. Oxygen content in the oxides has been determined by means of thermogravimetry and iodometric titration.

Твердые растворы на основе ферритов и кобальтитов редкоземельных металлов являются перспективными материалами для применения в различных областях науки и техники благодаря их химической и термической стабильности, высокой электропроводности и подвижности кислородной подрешетки. Поэтому целью данной работы является изучение возможности получения, кристаллической структуры и кислородной нестехиометрии сложных оксидов $Ba_{1-x}Ln_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$ и $BaFe_{1-z}Ln_zO_{3-\delta}$ (Ln=Dy, Ho).

Синтез образцов осуществлялся по глицерин-нитратной технологии на воздухе. Отжиг прекурсоров проводили при 1100ºС в течение 60 часов с промежуточными перетираниями в среде этилового спирта с последующим медленным охлаждением до комнатной температуры. Фазовый состав полученных оксидов устанавливали методом порошковой рентгеновской дифракции. Определение параметров элементарной ячейки из дифрактограмм проводили с использованием программы «CelRef 4.0», уточнение – методом Ле-Бейла в программе «FullProf 2008».

Образцы, номинальный состав которых $Ba_{1-x}Ln_xFeO_{3-\delta}$ (Ln=Dy, Ho) при $0.3 \le x \le 0.5$, были получены по вышеуказанной технологии. По результатам РФА установлено, что в указанных рядах образуется единственный сложный оксид состава $Ba_{0.65}Dy_{0.35}FeO_{3-\delta}$. Рентгенограмма указанного образца была описана в рамках тетрагональной ячейки (пр.гр. P4/mmm) с утроенным параметром c, относительно параметра идеального кубического перовскита, что связано с большим различием ионных радиусов лантаноида и бария.

Кобальт-замещенные сложные оксиды общего состава $Ba_{1-x}Ln_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$ были синтезированы при x=0.4 и y=0.1-0.6. В указанных системах установлено

образование сложного оксида $Ba_{0.6}Ln_{0.4}Fe_{0.6}Co_{0.4}O_{3-\delta}$, рентгенограмма которого описывается в тетрагональной ячейке.

Так как, для исследования были выбраны системы с лантаноидами маленьких радиусов, то можно предположить, возможность образования твердых растворов, замещенных по B-подрешетке. Из рентгеновских данных установлено, что твердые растворы $BaFe_{1-z}Ln_zO_{3-\delta}$, где Ln=Ho, Dy образуются при z=0.1, 0.15 и кристаллизуются в кубической элементарной ячейке (пр.гр. Pm3m).

Для всех однофазных образцов рассчитаны параметры элементарной ячейки.

Методом окислительно-восстановительного титрования для всех однофазных образцов были рассчитаны абсолютные значения содержания кислорода и средние степени окисления ионов железа при комнатной температуре на воздухе. Методом высокотемпературного термогравиметрического анализа были изучены зависимости кислородной нестехиометрии однофазных образцов от температуры.

1. Volkova N. E., Urusova A. S., Gavrilova L. Ya. [et al] Special Features of Phase Equilibriums in Ln–Ba–Fe–O Systems // Russian Journal of General Chemistry. – 2016. – V. 86. – I. 8. – P. 1800–1804.
2. Kundu Asish K., Lebedev Oleg I., Volkova Nadezhda E. [et al] Asish K. Kundu, Quintuple perovskites Ln2Ba3Fe5-xCoxO15-δ (Ln = Sm, Eu): nanoscale ordering and unconven-tional magnetism // J. of Materials Chemistry C. – 2015. – V. 3. – P. 5398–5405.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ Al НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ, МИКРОСТРУКТУРУ И МИКРОТВЕРДОСТЬ КЕРАМИКИ ИЗ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕКОГО WC

Батенькова А.С.[1], Курлов А.С.[1]

[1)] Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: batenkova@ihim.uran.ru

EFFECT OF Al ADDITION ON THE PHASE COMPOSITION, MICROSTRUCTURE, AND MICROHARDNESS OF NANOCRYSTALLINE WC CERAMICS

Batenkova A.S.[1], Kurlov A.S.1

[1)] Institute of Solid State Chemistry of the Ural Branch of the RAS, Yekaterinburg, Russia

Nanocrystalline WC and WC-Al powders were prepared by high energy ball milling and mixing in a planetary ball mill. The phase composition, microstructure and microhardness of ceramics sintered from these powders have been investigated.

Высший карбид вольфрама WC с гексагональной структурой (пр. гр. P-6m2) является основным компонентом наиболее распространенных твердых сплавов, которые широко применяются в металлообработке, горнодобывающей и нефтегазовой промышленностях. Один из способов улучшения эксплуатационных характеристик этих сплавов — это переход от микро- к субмикро- и наноструктуре [1]. Однако, с уменьшением размера частиц увеличивается поверхность, которая легко загрязняется кислородом воздуха. При спекании примесный кислород частично обезуглероживает WC, удаляясь в виде CO и CO_2 и формируя пористую структуру. Недостаток C приводит к появлению охрупчивающих фаз, а наличие свободного C провоцирует аномальный рост зерен [2]. Чтобы этого избежать, необходимо при спекании связать примесный кислород в прочные, твердые и тугоплавкие оксиды, которые займут место возможных пор, до того, как кислород начнет взаимодействовать с углеродом карбида.

В данной работе для решения проблемы обезуглероживания нанокристаллического WC использовался Al, который имеет большее сродство к кислороду по сравнению с W и образует твердый тугоплавкий оксид Al_2O_3.

Нанокристаллический порошок WC и смеси WC-Al на его основе готовились из микрокристаллических порошков WC и Al в планетарной шаровой мельнице, используя мелющие шары и размольные стаканы из твердого сплава WC-Co. Компактирование полученных порошковых смесей проводилось одноосным прессованием в цилиндрических пресс-формах с помощью ручного гидравлического лабораторного пресса. Спекание компактных образцов осуществлялось в лабораторной высокотемпературной вакуумной печи.

Аттестация исходных микрокристаллических порошков, приготовленных из них нанокристаллических порошковых смесей, а также спрессованных и спеченных из них образцов осуществлялась с помощью рентгеновской дифракции, метода БЭТ, химического анализа на содержание углерода и кислорода, сканирующей электронной микроскопии с EDX-анализом, пикнометрии и метод Виккерса. Для исследования химических и физико-химических процессов, происходящих в нанокристаллических порошковых смесях WC-Al при нагреве, использовался синхронный термический анализ.

Проведенные исследования показали, что совместный высокоэнергетический размол WC и Al сопровождается полным окислением Al до Al_2O_3, который не препятствует обезуглероживанию WC при спекании плотных образцов. В результате чего получаются менее плотные и твердые образцы по сравнению с образцами из нанопорошка WC без добавок. Введение Al в нанопорошок WC смешиванием предотвращает его окисление и, при нагреве он поглощает большую часть примесного кислорода, препятствуя обезуглероживанию WC, однако, полученные образцы также уступают по свойствам образцам из нанопорошка WC без добавок. Кроме этого, присутствие избыточного Al при спекании провоцирует сильный рост карбидных зерен.

1. Z. Z. Fang, X. Wang, T. Ryu, K. S. Hwang, H. Y. Sohn, Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 27, 288-299 (2009).
2. I. Konyashin, S. Hlawatschek, B. Ries, F. Lachmann, F. Dorn, A. Sologubenko, T. Weirich, Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 27, 234-243 (2009).

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМЕ Pr_2O_3–BaO–Fe_2O_3

Базуева М.В.[1], Беляева М.В.[1], Волкова Н.Е.[1], Гаврилова Л.Я.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: bazueva@weburg.me

PHASE EQUILIBRIA IN THE Pr_2O_3–BaO–Fe_2O_3 SYSTEM

Bazueva M.V.[1], Belyaeva M.V.[1], Volkova N.E.[1], Gavrilova L.Ya.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A series of samples with different ratios of metal components was obtained using glycerol-nitrate technology at a temperature of 1100ºC. The subsolidus phase diagram for the ½ Pr_2O_3 – BaO – ½ Fe_2O_3 system at 1100°C in air has been constructed.

Перовскитоподобные соединения со структурой AA'BB'O_3, где A - РЗЭ, A’ – ЩЗЭ, B, B' – 3d-металлы, вызывают большей интерес в современной химии, вследствие их устойчивости в окислительных средах в широком диапазоне температур, высокой электропроводностью, а также термической стабильностью. Для эффективного использования данных соединений требуется изучать способы и условия их получении, области гомогенности, кристаллическую структуру и физико-химические свойства. Целью данного исследования является изучение фазовых равновесий и определении кристаллической структуры индивидуальных фаз в системе Pr_2O_3 – BaO – Fe_2O_3 при температуре T=1100ºC на воздухе.

Синтез образцов осуществлялся по глицерин-нитратной технологии на воздухе. В качестве исходных веществ были использованы: Pr_6O_{11}, $BaCO_3$, $FeC_2O_4{\times}2H_2O$, HNO_3, глицерин. Заключительный отжиг проводили при 1100°C на воздухе с промежуточными перетираниями в среде этилового спирта и с последующей закалкой на комнатную температуру. Фазовый состав определяли рентгенографически.

В квазибинарных системах Pr-Ba-O и Pr-Fe-O было подтверждено образование двух индивидуальных фаз составов $PrBaO_2.5$ и $PrFeO_3$ соответственно. Из данных РФА установлено, что оба сложных оксида кристаллизуются в орторомбической ячейке пространственной группы Pbnm. Степень замещения празеодима на железо в оксиде Pr_2O_3 не превышает 5 мол. %.

В квазибинарной системе Ba-Fe-O в указанных условиях подтверждено существование ферритов $BaFe_{12}O_{19}$, $BaFe_2O_4$ и $BaFeO_{3-\delta}$, что согласуется с литературными данными.

Согласно результатам РФА закаленных образцов в системе Pr_2O_3 – BaO – Fe_2O_3 при 1100ºC на воздухе было зафиксировано образование трех промежуточных фаз $Ba_{1-x}Pr_xFeO_{3-\delta}$, $PrBa_3Fe_2O_{7.5}$ и $Pr_2BaFe_2O_{7-\delta}$.

Сложные оксиды $Ba_{1-x}Pr_xFeO_{3-\delta}$ образуются в двух интервалах составов $0 \le x \le 0.5$ и $0.8 \le x \le 1.0$. Рентгенограмма однофазных оксидов, обогащенных барием, описывается в рамках кубической ячейки пр. гр. Pm3m. Тогда как, твердые растворы с высокой концентрацией ионов празеодима, имеют орторомбическую элементарную ячейку и являются зоструктурыми ферриту $PrFeO_{3-\delta}$. Из данных РФА были рассчитаны параметры элементарной ячейки всех однофазных оксидов. Показано, что последовательное замещение ионов Ba^{2+} на ионы Pr^{3+} приводит к монотонному уменьшению объема элементарной ячейки, что связано с размерными факторами.

Сложный оксид $PrBa_3Fe_2O_{7.5}$ кристаллизуется в гексагональной ячейке (пр. гр. P63mc) с параметрами a=b=11.816(1) Å, c= 7.051(1) Å.

Рентгенограмма оксида $Pr_2BaFe_2O_{7-\delta}$, относящегося к гомологическому ряду Раддлесдена-Поппера, хорошо описывается в рамках тетрагональной ячейки (пр. гр. I4/mmm), с параметрами a=b= 3.926(1) Å, c= 20.486(1) Å.

По результатам РФА всех исследованных образцов, закаленных на комнатную температуру, диаграмма состояния системы ½ Pr_2O_3 – BaO – ½ Fe_2O_3 при 1100°C на воздухе была разбита на 17 фазовых полей (рисунок 1).

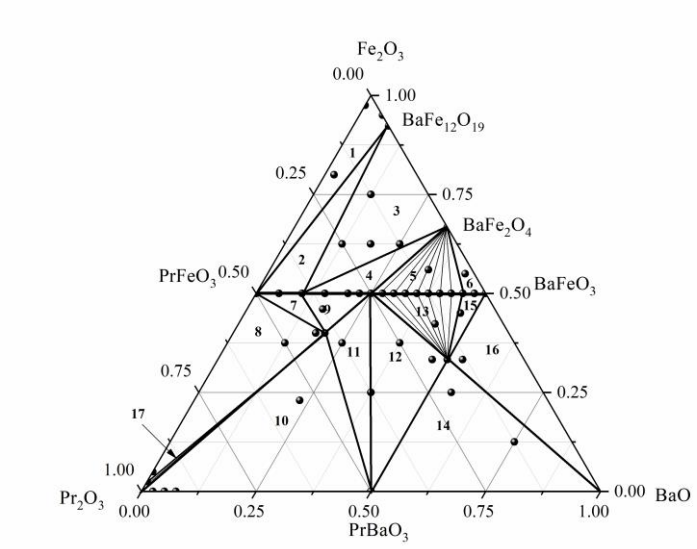


Рис. 1. Изобарно-изотермический разрез диаграммы состояния системы ½ Pr_2O_3 – BaO – ½ Fe_2O_3 при 1100ºC на воздухе

СИНТЕЗ ОКСИДНЫХ НАНОПРОВОЛОК НА ЖЕЛЕЗОНИКЕЛЕВЫХ СПЛАВАХ ВНЕЗЕМНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

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 OXIDE NANOWIRES ON IRON-NICKEL ALLOYS OF EXTRATERRESTRIAL ORIGIN

Begunova A.S.[1], Yakovlev G.A.[1], Kamalov R.V.[1], Pankrushina E.A.[2], Grokhovsky V. I.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, UB of RAS, Yekaterinburg, Russia

The synthesis of oxide nanowires on Fe-Ni alloys contained in the Chinga iron meteorite was carried out. We obtained the array of nanowires on the γ-(Fe,Ni) 25 wt.% Ni alloy border, nanobelts on the α-(Fe,Ni) 7 wt.% alloy surface and disordered nanowires on a surface of submicron α+γ alloys mixture.

Нанопроволоки и нановискеры, состоящие из оксидов железа, являются перспективным материалом для использования в качестве фотоанодов. Одним из методов получения таких наноструктур является термическое окисление железа и его сплавов [1]. Структурный и химический состав наноструктур будет в этом случае зависеть от нескольких параметров процесса, в том числе и от изначальной структуры подложки. В настоящей работе приведены результаты исследования влияния химического и структурного состава подложки на получаемые наноматериалы.

В качестве подложки был использован метеорит Чинге. Такой образец удобен для работы, так как содержит сразу несколько различных железоникелевых сплавов: α-(Fe, Ni) с содержанием никеля около 7 вес. %, γ-(Fe, Ni) с содержанием никеля около 25 вес. %, и субмикронную смесь α и γ сплавов с размером фаз около 100х400 нм^2 [2].

Перед синтезом образец был отшлифован, отполирован согласно стандартной методике подготовки металлографических шлифов. Затем он был потравлен в течении 5 минут в 3 % нитале для получения более развитой подложки.

Термическое окисление производилось с помощью автоматизированной установки CVDomna. Образец нагревали до 600 °C при давлении 0-0,2 кПа, затем в реакционную камеру подавали смесь водяного пара и воздуха в течении 5 минут

с линейным повышением давления до 15 кПа, после этого подача смеси прекратилась и образец выдерживался при таком давлении 10 минут. Охлаждение образца до 200 °С происходило при давлении 0-0,2 кПа.

Образец был исследован с помощью сканирующего электронного микроскопа Zeiss Sigma VP и рамановского спектрографа LabRam HR Evolution. Было выяснено, что на его поверхности были синтезированы оксидные нанопроволоки и удлинённые нанопластины. Анализ рамановских спектров показал присутствие гематита (Fe_2O_3) на всей поверхности образца. Магнетит (Fe_3O_4) был обнаружен только на поверхности α-(Fe, Ni) сплава, содержащего 7 % Ni и на поверхности субмикронной смеси α и γ сплавов. Средний диаметр нанопроволок составлял 20 нм (рисунок 1а). Нанопластины представляли собой полосы длиной около 5 мкм, шириной около 100 нм, и толщиной около 20 нм (рисунок 1б). Согласно авторам [3, 4] при окислении железа образуются именно гематитовые нановискеры, так как сначала образуется оксид FeO, на его поверхности Fe_3O_4, а затем уже Fe_2O_3, из которого впоследствии вырастают нанопроволоки. Согласно [5] при окислении сплавов железо-никель с содержанием никеля менее 30 вес. % происходит селективное окисления железа сплава.

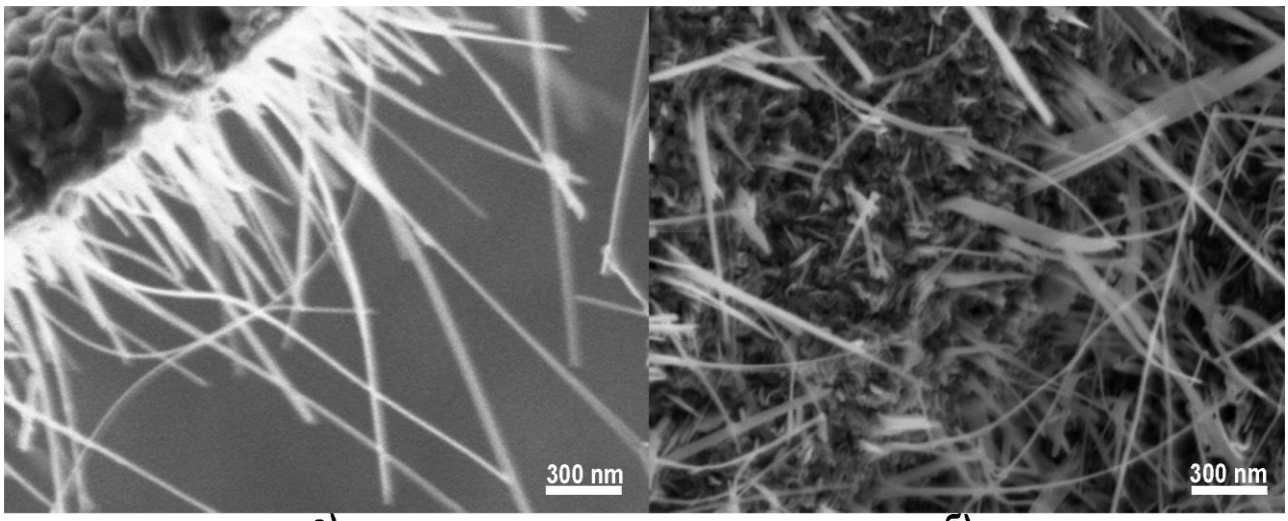


Рис. 1. СЭМ изображения синтезированных наноструктур: (а) - нанопроволоки на поверхности субмикронной смеси α+γ сплавов; (б) - нанопластины на поверхности сплава α 7 вес. % Ni

В настоящей работе было выявлено, что на поверхности сплава γ-(Fe, Ni) 25 % Ni, были образованы редкие нанопластины, состоящие из гематита. На границе между сплавом γ-(Fe, Ni) 25 % Ni и α-(Fe, Ni) 7 % Ni был образован массив перпендикулярных поверхности нанопроволок и нанопластин гематита. На поверхности сплава α-(Fe, Ni) 7 % Ni были, синтезированы нанопластины, а на поверхности субмикронной смеси α и γ сплавов, в основном были получены нанопроволок

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-32-90243. Рамановская спектроскопия выполнена в ЦКП "Геоаналитик" в рамках государственного задания ИГГ УрО РАН №АААА-А18-118053090045-8.

1. K. Sivula, F. Le Formal, M. Grätzel. Chem. Sus. Chem. 4 (4), 432-449 (2011)
2. V. F. Buchwald. The UC Regents. The UC Regents. 2, 115–124 (1975).
3. T. Vincent, M. Gross, H. Dotan, and A. Rothschild. Int. J. Hydrog. Energy. 37, 8102-8109 (2012).
4. S. Ismail, N. S. Saad, J. A. Razak. Key Eng. Mater. 694, 208–212 (2016).
5. Ж. Бенар, Окисление металлов, М.: Металлургия, (1969).

НЕАДДИТИВНОСТЬ СВИНЦА, ОЛОВА И ИХ СПЛАВОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КАВИТАЦИИ И КОРРОЗИИ

Белоусов И.Ф.[1], Керимов Р.С.[1], Капустин С.Н.[1], Костин А.А.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

E-mail: 420355res@gmail.com

NON-ADDITIVITY OF LEAD, TIN AND THEIR ALLOYS UNDER CAVITATION AND CORROSION

Belousov I.F.[1], Kerimov R.S.[1], Kapustin S.N.[1], Kostin A.A.[1]

[1)] Nothern (Arctic) Federal Univesity named after M.V.Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

The processes of destruction of lead and tin under the action of intense ultrasound, cavitation and corrosion in seawater have been investigated. The study was carried out on samples of pure lead and pure tin.

Исследованы процессы разрушения свинца и олова при воздействии интенсивного ультразвука, кавитации и коррозии в морской воде. Исследование проводилось на образцах из чистого свинца и чистого олова.

При исследовании была выявлена бОльшая степень разрушения свинца от кавитации по сравнению с разрушением олова. В тоже время свинец более коррозионно-стоек, чем олово.

При одновременном воздействии кавитации и коррозии на свинец, исследуемый образец показывает меньшую потерю массы и меньшую степень поверхностного разрушения, чем при воздействии одной лишь кавитации, что ранее наблюдалось при исследовании титана [1]. В тоже время степень поверхностного разрушения и уноса массы образца из олова незначительно отличается от разрушения одной лишь кавитацией.



Рис. 1. Унос массы свинца при кавитационном, кавитационном и электрокоррозийном одновременно, электрокоррозийном разрушении соответственно.

В дальнейших исследованиях планируется создать сплавы (Pb10%+Sn90%, Pb20%+Sn80%, и.т.д.) и выявить закономерности неаддитивности воздействия кавитации и коррозии на сплавы от содержания металлов в образце и стойкости каждого из них по отдельности к указанным воздействиям.

В перспективе полученные закономерности и методики получения образцов можно будет использовать для создания градиентных сплавов - сплавов, концентрация примесей в которых, плавно меняется от точки к точке. Предполагается, что это позволит создать изделия, с улучшенной локальной стойкостью к доминирующим разрушающим факторам.

1. 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;

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЛУЧАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ИБР-2 ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ МАТЕРИЛОВ

Белова М. О.[1], Булавин М. В.[1]

[1)] Объединённый институт ядерных исследований

E-mail: mbelova@jinr.ru

CHARACTERISTICS OF THE IBR-2 IRRADIATION FACILITY FOR CONDUCTING RESEARCH OF THE RADIATION RESISTANCE FOR MATERIALS

Belova M.[1], Bulavin M.[1]

[1)] Joint institute for nuclear research

The decrease of the power of the IBR-2 reactor from 1.9 MW to 1.5 MW required the clarification of the flux densities for fast neutrons. Gamma rays can cause unique changes in materials. In this paper present the results of the measured absorbed doses of gamma radiation and the method of conducting

В 1977г. в Объединённом Институте Ядерных Исследований был произведён физический запуск импульсного реактора ИБР-2. С тех пор на базе этого реактора неустанно ведутся всевозможные исследования. Например, на облучательной установке канала №3 ведутся прикладные исследования радиационной стойкости материалов, которые будут использоваться в полях мощного ионизирующего излучения. С 2012 по 2020 год средняя мощность реактора ИБР-2 была снижена с 1,9 МВт до 1,5 МВт, из-за чего появилась необходимость уточнить величины плотностей потоков нейтронов, полученные ранее, а также получить новые данные – дозы гамма-изучения. Кроме того, имеющееся на тот момент оборудование - спектрометр IGC 21 (Princeton Gamma-Tech), который использовался ранее для определения плотности потока быстрых нейтронов [1] методом НАА обладал низкой эффективностью регистрации гамма-квантов (~30% относительно спектрометра на основе сцинтиллятора NaI(Tl)). Низкая эффективность регистрации обеспечивала медленную скорость набора данных, что влияло на статистическую погрешность измерений.

Помимо этого, появилась необходимость проведения работ по облучению согласно ГОСТ 9.706-81 (метод 1). Для проведения таких экспериментов с помощью ядерного реактора средства измерения ионизирующих излучений должны обеспечивать раздельное определение поглощенных доз излучения для гамма- и нейтронной компонент излучения, а также определение вклада тепловых нейтронов в поглощенную дозу излучения с предельным допускаемым отклонением ±30%. Новый спектрометр GC10021 фирмы Canberra и его МКА Lynx вместе представляют собой спектрометрический тракт гамма-излучения, обладающий суммарной погрешностью интегральной активности менее 10%. Это позволяет

определять плотность потока нейтронов намного точнее по сравнению с IGC 21. Измерение величин доз гамма-излучения вдоль облучательной установки вблизи водяного замедлителя ВЗ-303 ИБР-2 раньше не проводилось, поэтому для их определения было принято использовать метод радиохромной дозиметрии. Фотометр фирмы Far West Technology и набор дозиметрических плёнок позволяют измерять дозу гамма-излучения с погрешностью не более ±2% и обладает диапазоном измеряемых поглощённых доз 0.05 – 20 Мрад.

1. Spectrum and Density of Neutron Flux in the Irradiation Beam Line No. 3 of the IBR_x0002_2 Reactor/ Physics of Particles and Nuclei Letters volume 12, 336–343(2015)

ФАЗООБРАЗОВАНИЕ В ПЯТИКОМПОНЕТНОМ СПЛАВЕ VCrCoFeNi

Бельтюкова К.В.[1], Балякин И.А.[1, 2], Юрьев А.А.[1], Сидоров Н.И.[1], Ремпель А.А.[1,2]

[1)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] НОЦ НАНОТЕХ, Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: ms.great28@mail.ru

PHASE FORMATION IN A FIVE-COMPONENT VCRCOFENI ALLOY

Beltyukova K.V.[1], Balyakin I.A.[1, 2], Yuryev A.A.[1], 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)] REC NANOTECH, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In present work, the synthesis, ab initio computer modeling and analysis of the phase formation of the equiatomic high-entropy alloy VCrCoFeNi for hydrogen storage is carried out.

Актуальная и нерешенная проблема водородной энергетики связана с эффективной технологией хранения водорода. Перспективным направлением представляется использование для этого новых материалов, в частности, высокоэнтропийных сплавов (ВЭС). На сегодняшний день известно, что некоторые из них демонстрируют превосходные свойства по поглощению водорода (2.5 H/M) [1]. Это значение на 25% выше, чем у тройных ОЦК-сплавов, состоящих из переходных металлов первого ряда, содержание водорода в которых достигает около 1.8-2.0 H/M [2].

В настоящей работе методом ab initio молекулярной динамики (программный код VASP) был рассмотрен эквиатомный ВЭС VCrFeCoNi в жидком состоянии при температуре 1934 К. Были получены траектории движения атомов, исходя из

которых были построены парциальные функции радиального распределения атомов, среднеквадратичное смещение и коэффициенты диффузии всех компонентов. Рассчитаны также полуэмпирические критерии образования ВЭС на основе справочных данных по размерам атомов, величинам энтропии и энтальпии, температурам плавления, концентрациям электронов. Результаты позволили детально изучить взаимодействия атомов и понять механизм фазообразования высокоэнтропийных сплавов. Выявлены закономерности, которые могут предшествовать изменениям в структуре, вызванным добавлением дополнительного элемента.

Для определения фазового состава VCrFeCoNi были проведены рентгенофазовый и сканирующий электронный микроскопический анализы. Установлено, что сплав VCrFeCoNi является двухфазным. При этом основная фаза обладает структурой ГЦК, а дополнительная – тетрагональной.

Таким образом, химический, фазовый и структурный составы сплава VCrFeCoNi создают оптимальные условия для аккумулирования водорода: больший по сравнению с ГЦК-решеткой размер вакансионных междоузлий тетрагональной решетки обеспечивает энергетически более выгодное положение для водорода. Химические элементы Co, Cr, Fe и Ni не дают гидридообразующему ванадию окисляться и образовывать оксидную пленку.

Часть исследований выполнена на ЦКП «Урал-М» ИМЕТ УрО РАН. Работа поддержана государственным заданием ИМЕТ УрО РАН.

1. Sahlberg M., Karlsson D., Zlotea C., and Jansson U. Superior hydrogen storage in high entropy alloys // Scientific Reports. 2016. V. 6. P. 36770.
2. Kabutomori T., Takeda H., Wakisaka Y., and Ohnishi K. Hydrogen absorption properties of Ti–Cr–A (A = V, Mo or other transition metal) BCC solid solution alloys // J. Alloys &Compds. 1995. V. 231. P. 528–532.

ГИДРОФОБИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ОБРАЗЦОВ ДРЕВЕСИНЫ КРЕМНЕЗЕМСОДЕРЖАЩИМ СОСТАВОМ

Беляев А.О.[1], Килюшева Н.В.[1], Данилов В.Е.[1], Айзенштадт А.М.[1]

[1)] ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», г. Архангельск, Россия

E-mail: mr.oba0509@mail.ru

HYDROPHOBIZATION OF THE WOOD SAMPLES SURFACE WITH SILICA-CONTAINING COMPOSITION

Belyaev A.O.[1], Kilyusheva N.V.[1], Danlov V.E.[1], Ayzenshtadt A.M.[1]

[1)] Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov», Arkhangelsk, Russia

Mineralization of the wood surface with compositions containing silica particles gives an increase in density and hardness, as well as the acquisition of hydrophobic properties. This indicates the possibility of using the compositions for use in wood petrification.

Разработка технологии поверхностной минерализации строительных материалов из древесины позволяет решать вопросы сохранения деревянных конструкций [1, 2]. Для успешного процесса поверхностной минерализации необходимо разработать пропиточный состав, содержащий наибольшее количество нанодисперсных частиц. Наиболее простым и распространенным методом получения нанодисперсных материалов является золь□гель технология [3]. В золь-гель технологиях нанодисперсного кремнезема реализуется реакция гидролиза в растворах с последующими стадиями появления новой фазы и образования геля или отделения осадка [4, 5].

Опытные образцы были изготовлены из древесины сосны. Размер основания образца 20х20 мм, длина вдоль волокон - 30 мм. Для их пропитки использовали водную суспензию, содержащую органоминеральный комплекс из следующих компонентов: полиминеральный речной песок с содержанием кварца 74%, природный полисахарид арабиногалактан и дистиллированную воду с их массовым соотношением 1:1:8. Повышение температуры интенсифицирует процесс комплексообразования, поэтому перед погружением образцов древесины суспензию нагревали до 80°С и выдерживали в течение часа.

В качестве исходного сырья для осуществления золь-гель процесса и последующей обработки поверхности образцов использовали алкоксид кремния - тетраэтилортосиликат (ТЭОС), аммиак водный, изопропиловый спирт. Монодисперсные наночастицы диоксида кремния получали методом Штобера. Был определен оптимальный состав, содержащий 88% изопропилового спирта, 6% водного раствора аммиака и 6% ТЭОС, средний размер частиц синтезированного кремнезема составил 109 нм.

Высушенные до постоянной массы образцы древесины погружали в суспензию и выдерживали при температуре 25°С в течение 7 суток. После истечения заданного промежутка времени опытные образцы извлекались, высушивались до постоянной массы. Затем последовательно были нанесены путем распыления 7 слоев состава с синтезированными частицами кремнезема, после чего выполнялась термообработка образцов при 80°С. Для сравнительной оценки изменения эксплуатационных характеристик были изготовлены контрольные образцы древесины.

Обработанные и контрольные образцы были закреплены на фасаде здания и извлекались с промежутком в 14 дней для последующих испытаний.

Определение механических характеристик древесины до и после модификации проводили на прессе ТП-1-100 и испытательной машине Shimadzu AGS-5kNX. Краевые углы смачивания поверхности древесины и ее поверхностное натяжение определялись на установке DSA-20E (KRUSS, Easy Drop).

Прочность обработанных образцов на сжатие вдоль волокон в сравнении с контрольными увеличивается в среднем на 20% (фотографии образцов представлены на рис. 1). Показатели твердости и значения краевого угла смачивания обработанных образцов так же возрастают, что свидетельствует об эффективности применения данной методики при проведении процесса минерализации, а также придания гидрофобных свойств древесине.

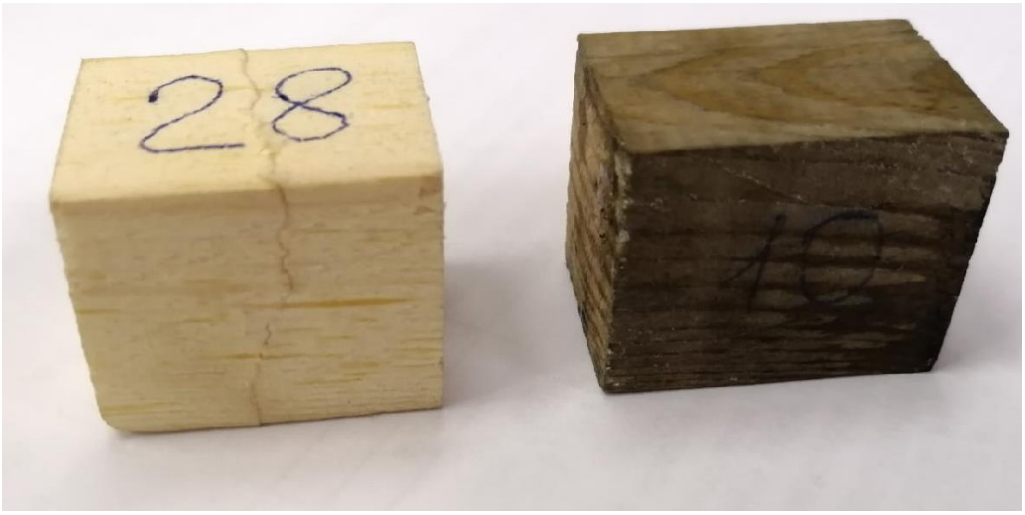


Рис. 1. Образцы минерализованной древесины (№10) и контрольного образца (№28) после механических испытаний

Исследования выполнены под научным руководством к.т.н., доцента Данилова В.Е и д.х.н., профессора Айзенштадта А.М. Работа выполнена на основе гранта РФФИ 18-43-292002.

1. Килюшева Н.В., Айзенштадт А.М., Данилов В.Е., Беляев А.О. Промышленное и гражданское строительство, № 2, С. 47-51, (2020).
2. Danilov V. E., Ayzenshtadt A. M., Kilyusheva N. V., Makhova T. A., Belyaev A. O. Journal of Physics: Conference Series, (2019).

3. Кудрявцев П.Г., Фиговский О.Л. Электронный научный журнал, №2, (2014).
4. Guglielmi M., Kickelbick G., Martucci A. Sol-Gel Nanocomposites, Series: Advances in Sol-Gel Derived Materials and Technologies, №9 (2014).
5. Шабанова Н. А., Саркисов П.Д., Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, (2012).

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА $La_2BaIn_{1.9}Ti_{0.1}O_{7.05}$

Бородулина Е.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: Elizaveta_borodulina@mail.ru

ELECTRIC PROPERTIES $La_2BaIn_{1.9}Ti_{0.1}O_{7.05}$

Borodullina E.N.[1]

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

The complex oxide $La_2BaIn_{1.9}Ti_{0.1}O_{7.05}$ was synthesized using the solid-state method. The electrical conductivity was measured at T and pH_2O variation.

Одной из главных проблем 21 века является изменение климата и загрязнение воздуха из-за высокого потребления ископаемого топлива. Огромное количество продуктов сгорания углеводородов, включая CO_2, попадающих в окружающую среду каждый день, приводит к обострению таких глобальных проблем, как парниковый эффект и истощение озонового слоя. Кроме того, токсичность продуктов сгорания оказывает прямое и сильное влияние на распространенность неинфекционных заболеваний. В то же время, истощение основных ископаемых источников энергии на Земле ожидается в ближайшем будущем, поэтому необходим переход на использование источников чистой энергии. Соответственно, разработка высокоэффективных альтернативных источников энергии является актуальной задачей. Одним из возможных путей достижения этой цели является развитие водородных энергетических систем. Такие системы включают различные электрохимические устройства, в том числе, протон-проводящие топливные элементы.

Протон-проводящие электролиты на основе сложных оксидов способны демонстрировать высокую протонную проводимость в диапазоне температур 300 – 700 °C благодаря высоким значениям как концентрации протонов, так и их подвижности. Как представитель нового класса протонных проводников недавно была описана фаза $BaLaInO_4$ со структурой Раддлесдена-Поппера. Показано, что допирование катионных подрешеток La [1] и In [2] приводит к росту значений электропроводности на ~ 1.5 порядка величины. Удвоение перовскитного блока

в блочно-слоевой структуре $BaLaInO_4$ приводит к образованию фазы $La_2BaIn_2O_7$, также способной к протонному переносу. В настоящей работе путем замещения атомов индия атомами титана в $La_2BaIn_2O_7$ получен образец состава $La_2BaIn_{1.9}Ti_{0.1}O_{7.05}$, изучена его структура и электрические свойства

1. Tarasova N., Animitsa I., Galisheva A., J. Solid State Electrochem., 24, 1497 (2020).
2. Tarasova N., Galisheva A., Animitsa I., Ionics, 26, 5075 (2020).

ОТЖИГ ЖЕЛЕЗО-НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ВНЕЗЕМНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ СПИНОДАЛЬНОГО РАСПАДА

Брусницына Е.В.[1], Муфтахетдинова Р.Ф.[1], Яковлев Г.А.[1], Подкин Е.С.[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

ANNEALING OF THE IRON-NICKEL ALLOY OF EXTRATERRESTRIAL ORIGIN AT THE SPINODAL DECOMPOSITION TEMPERATURE

Brusnitsyna E.V.[1], Muftakhetdinova R.F.[1], Yakovlev G.A.[1], Podkin E. S.[1], Grokhovsky V. I.[1]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

The samples of Seymchan meteorite (PMG) were objects of the study. The effect of annealing on the structure of extraterrestrial alloy at a temperature of 400 °C was studied. The changes in the nanoscale structure of the iron-nickel alloy after annealing were not found.

Структура метеоритного металла формируется в результате длительных выдержек при относительно низких температурах. Основными металлическими фазами являются камасит α-Fe(Ni, Co), содержание Ni в котором варьируется от 4% до 7,5% и тэнит γ-Fe(Ni, Co) с содержанием Ni до 50%.

Характерным для всех типов метеоритов является зональное строение тэнита, структура которого формируется при чрезвычайно медленном охлаждении, порядка 1 К/млн. лет [1]. На границе α/ γ наблюдается светлая каемка тетратэнита, упорядоченной γ’-фазы FeNi с переменным составом. Содержание никеля в тетратэните колеблется от 48 до 50 %. Далее идет облачная зона (cloudy zone), которая состоит из высоконикелевых частиц γ’-фазы (тетратэнита) размером несколько сотен нм. Содержание никеля снижается с удалением от края тетратэнита от 48 до 30 % [2].

Основные превращения в железоникелевых сплавах описываются с помощью двойной фазовой диаграммы равновесия [1]. При температуре ниже 400 °C

наблюдается область спинодального распада, в результате которого и формируется облачная зона (γ’ + α). Особый интерес к структуре облачной зоны возник в последнее десятилетие, поскольку данная область отражает низкотемпературные скорости охлаждения родительских тел метеоритов. Большое количество последних работ посвящено определению остаточного палеомагнетизма высоконикелевых частиц тетратэнита в облачной зоне [3, 4]. Данная область также может выступать в качестве индикатора температуры нагрева вещества до падения на Землю. В нашей предыдущей работе [5] установлено, что при температуре 700 °C происходит растворение облачной зоны. Таким образом, если в исследуемом метеорите отсутствует структура облачной зоны, можно говорить, что он был нагрет выше 700 °C.

Настоящая работа продолжает изучение влияния нагрева на структуру облачной зоны. В качестве объектов исследования были выбраны два фрагмента метеорита Сеймчан из палласитовой и октаэдритовой частей.

Изотермический отжиг проводился в вакуумной печи при температуре 400 °C, степень вакуума – $1{,}9*10^{-2}$ Па. Длительность изотермической выдержки составляла 6 часов. Охлаждение производилось вместе с печью.

Подготовка образцов включала стандартную металлографическую методику. Для исследования микроструктуры применялись оптический микроскоп Axiovert 40 MAT и растровый электронный микроскоп ∑IGMA VP.

Поверхность образцов была тщательно исследована до начала эксперимента. После нагрева образцы были вновь отполированы и потравлены. Изменений в структуре обоих фрагментов не обнаружено. Таким образом, выбранные температура 400 °C и время выдержки оказались недостаточными для разрушения структуры облачной зоны.

В дальнейшем планируется продолжение исследования по нагреву в температурном интервале 450…650°C, которое позволит установить температуру начала растворения структуры зонального тэнита и выяснить природу происходящих процессов.

Исследование выполнено при поддержке Министерства Образования и Науки РФ (проект № 075-03-2020-582/4).

1. C.-W. Yang, D.B. Williams, J.I.Goldstein, Phase Equil. B17, 522–531 (1996)
2. А. А. Явнель, Метеоритика, 42, 66-71 (1983)
3. J.F.J. Bryson, S. C. Nathan, T. Kasama, R. J. Harriso. Earth and Planet. Sci. Let. 388, 237–248 (2014)
4. R. Blukis, B. Pfau, C. M. Günther, P. Hessing, S. Eisebitt, J. Einsle and R. J. Harrison. Geochem., Geoph., Geosyst. 21, (2020)
5. E. V. Brusnitsyna, R. F. Muftakhetdinova, G. A. Yakovlev, T. V. Tyutrina and V. I. Grokhovsky, AIP Conference Proceedings, 2313, 060002 (2020)

ОСОБЕННОСТИ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ В СИСТЕМЕ $YFeO_3$ – $YCoO_3$ НА ВОЗДУХЕ

Брюзгина А.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

SPECIFIC FEATURES OF PHASE EQUILIBRIUMS IN $YFeO_3$ – $YCoO_3$ SYSTEM IN AIR

Bryuzgina A. V.[1], Urusova A.S.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

$YFe_{1-x}Co_xO_3$ phases have been prepared using a glycerol-nitrate technique at 1373 K in air. The X-ray diffraction (XRD) pattern for the single phases were refined by the Rietveld method within the orthorhombic structure (space group Pnma).

По результатам РФА закаленных на комнатную температуру образцов установлено, что феррит иттрия $YFeO_3$ имеет перовскитоподобную структуру с орторомбическими искажениями во всем исследуемом интервале температур (973–1473К), что согласуется с данными НТ РФА и [1-2]. Незамещенный кобальтит иттрия $YCoO_{3-\delta}$, обладающий орторомбической структурой получен только при температурах не превышающих 1223 К.

Однофазный $YCoO_{3-\delta}$, образуется в интервале температур 1173–1223К. В образце отожженном при 1273 К кроме основной фазы кобальтита иттрия в небольших количествах присутствуют оксиды Y_2O_3, CoO. При увеличении температуры до 1373 К, на рентгенограмме присутствуют только пики, относящиеся к оксидам Y_2O_3 и CoO, что хорошо согласуются фактами, приведенными в [3].

Термическая стабильность $YCoO_{3-\delta}$, на воздухе была изучена методом термогравиметрического анализа. Измерения проводили следующим образом: однофазный образец нагревали со скоростью 3.2 К/минуту до Т=1403К и выдерживали в течение 6 часов до установления равновесия между твёрдой и газовой фазами, затем охлаждали со скоростью 1 К/минуту до комнатной температуры. Существенная убыль массы, соотвествующая разложению кобальтита иттрия, наблюдается при 1372К. Потеря массы начинается уже с 1277К. Этот результат хорошо согласуется с РФА закаленных образцов и подтверждает тот факт, что температура разложения $YCoO_{3-\delta}$, на воздухе находится в интервале $1277<T(разл),\pm10К<1372$.

Методом РСА установлено, что в интервале $298\leq T,К\leq1373$ на воздухе для всех однофазных образцов $YFe_{1-x}Co_xO_3$ сохраняется орторомбическая структура. Уменьшение параметров элементарной ячейки с увеличением содержания кобальта в $YFe_{1-x}Co_xO_3$, наблюдаемое при всех температурах, связано с размерным фактором: увеличением концентрации ионов кобальта Co^{3+} (0.545Å, LS; 0.61Å,

HS, к.ч.=6), которые меньше по размеру, чем ионы железа Fe^{3+}(0.55Å,LS; 0.645Å,HS, к.ч.=6) [4]. Параметры и объем элементарной ячейки закаленных образцов при фиксированном содержании кобальта в зависимости от температуры увеличиваются незначительно.

Термическая стабильность твердых растворов $YFe_{1-x}Co_xO_3$ зависит от содержания кобальта. Очевидно, что область существования непрерывного ряда твердых растворов $YFe_{1-x}Co_xO_3$ с $0 \le x \le 1$ ограничена температурой устойчивости $YCoO_{3-\delta}$, дальнейшие увеличение температуры приводит к сужению области гомогенности. Исходя из фазового состава не однофазных образцов полученных в данной работе $YFe_{1-x}Co_xO_3$ ($0 \le x \le 1$), синтезированных при различной температуре на воздухе, с привлечением литературных данных для T=1573K [5] была очерчена граница термодинамической стабильности твёрдого раствора $YFe_{1-x}Co_xO_3$ и построена фазовая диаграмма $YFeO_3$–$YCoO_3$ с разделением на 4 поля.

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. Kitayama, K., Sakaguchi, M., Takahara, Y., Endo, H., Ueki, H. J. Solid State Chem., V. 177, P. 1933–1938, (2004).
2. Zhang, Y., Yang, J., Xu, J., Gao, Q., Hong, Z. Mater. Lett., V. 81, P. 1–4, (2012).
3. Feng G., Xue Y., Shen H., Feng S., Li L., Zhou J., Yang H., Xu D. Phys. Status Solidi A, V. 209(7), P.1219–1224, (2012).
4. Shannon, R.D. Acta Crystallogr., Sect. A: Cryst. Phys., Diffr., Theor. Gen. Crystallogr., V. 32(5), P. 751–767, (1976).
5. Krén, E., Pardavi, M., Pokó, Z., Sváb, E., Zsoldos, É. AIP Conf. Proc. 10, V. 10, P. 1603–1606, (1973).

СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДОГО РАСТВОРА $Gd_{2-X}Mg_XZr_2O_{7-D}$

Бузина А.Ф.[1], Черемных Н.А.[1], Анохина И.А.[1, 2], Анимица И.Е.[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: buzina.2013@mail.ru

STRUCTURE AND ELECTRICAL PROPERTIES OF THE SOLID SOLUTION $Gd_{2-X}Mg_XZr_2O_{7-D}$

Buzina A.F.[1], Cheremnykh N.A.[1], Anokhina I.A.[1, 2], Animitsa I.E.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of High-Temperature Electrochemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia

Solid solutions $Gd_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-d}$ are based on pyrochlore $Gd_2Zr_2O_7$, which is considered as durable thermal barrier coat. Therefore, corrosion resistant Mg-doped $Gd_2Zr_2O_7$ can be used to detect oxygen in Li-contained melt. Such solid solutions have suitable mechanical and electrochemical properties.

Активное развитие радиохимических технологий приводит к проблеме утилизации радиоактивных веществ. Использование расплавов солевых электролитов стало одним из наиболее безопасных для окружающей среды способов переработки ядерных отходов. Для предотвращения возможных техногенных аварий на металлургических предприятиях Урала и улучшения экологической ситуации необходимо создать надежный датчик для анализа кислородсодержащих примесей в таких расплавах.

В промышленности в качестве кислородного датчик в расплавах используется ZrO_2 стабилизированный иттрием. Однако, он оказался химически нестойким в коррозионно-агрессивной среде Li^+ - содержащих расплавов из-за образования цирконата лития. По этой причине альтернативные сенсоры активности ионов O^{2-} в расплавах остаются востребованными.

Новые датчики могут быть разработаны на основе сложного оксида $Gd_2Zr_2O_7$ со структурой пирохлора, который имеет термическую и термодинамическую стабильность во многих агрессивных средах. Также данный материал обладает высокой чувствительностью к ионам кислорода в расплаве при высоких температурах. Электрическое сопротивление керамики может быть увеличено введением акцепторных допирующих добавок при образовании твердых растворов [1, 2].

Допирование пирохлора $Gd_2Zr_2O_7$ оксидом магния должно повысить плотность керамики [3], а также увеличить электропроводность за счёт образования дополнительных кислородных вакансий.

В данной работе твердые растворы Gd_2-x$Mg_xZr_2O_{7-x/2}$ (x=0.05, 0.1, 0.15, 0.2) были синтезированы твердофазным методом с предварительной механоактивацией в шаровой мельнице. Синтез вели в интервале 600-1500°С. Результаты рентгенофазового анализа после последнего обжига показали, что все образцы, кроме $Gd_{1.8}Mg_{0.2}Zr_2O_{6.9}$, являются однофазными и описываются пространственной группой Fd-3m. Для однофазных составов параметр элементарной ячейки уменьшается с ростом доли магния в твёрдом растворе и хорошо согласуется с литературными данными [3, 4].

Электрохимические свойства образцов исследовались методом импедансной спектроскопии. Измерения проводили при охлаждении с 1000 до 400°С на воздухе. Сравнение проводимости исследуемых составов с пирохлором $Gd_2Zr_2O_7$ в координатах Аррениуса приведено на рисунке 1.

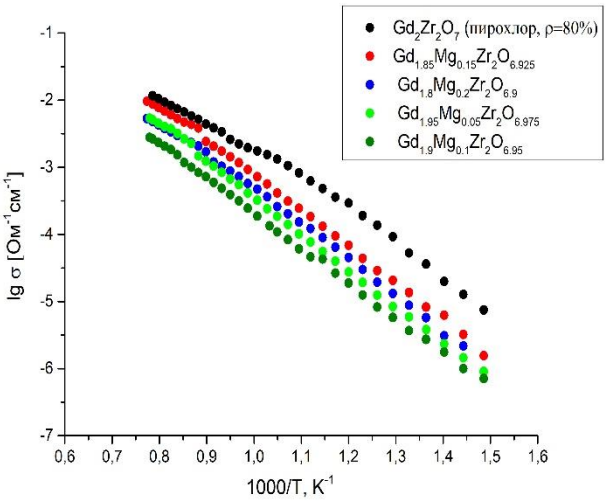


Рис. 1. Температурная зависимость электропроводности твёрдых растворов $Gd_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-x/2}$ и недопированного цирконата гадолиния

Электропроводность изученных составов ниже, чем у пирохлора $Gd_2Zr_2O_7$, что может быть объяснено несколькими факторами и нуждается в дополнительных исследованиях. Самой высокой проводимость из все исследованных составов обладает $Gd_{1.85}Mg_{0.15}Zr_2O_{6.925}$. Она составляет $1.6*10^{-6}$ – $8.8*10^{-3}$ $Ом^{-1}*см^{-1}$.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-43-660033 р_а

1. Díaz-Guill J. A., Dur O. J., Díaz-Guill M. R. J. Alloys Compd. 649, 1145-1150 (2015).
2. Anokhina I. A., Animitsa I. E., Buzina A. F. Chimica Techno Acta. 7. 51-60 (2020).
3. Wang, D., Dong, S., Zeng, J., Liang, P., Liao, H., Wang, Y., Cao, X. Ceram. Int. 46(9). 13054-13065 (2020).
4. Sadykov, V., Shlyakhtina, A., Lyskov, N., Sadovskaya, E., Cherepanova, S., Eremeev, N., Kharitonova, E. Ionics. 26. 4621-4633 (2020).

СИСТЕМА Sr-Ho-Fe-O: КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И КИСЛОРОДНАЯ НЕСТЕХИОМЕТРИЯ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ

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

Sr-Ho-Fe-O SYSTEM: CRYSTALLINE STRUCTURE AND OXYGEN NONSTOCHIOMETRY OF COMPLEX OXIDES

Chekushina Ya.V[1], Khvostova L.V[1], Volkova N.E[1], Cherepanov V.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Complex oxides in the Ho-Sr-Fe-O system were synthesized using the glycerol-nitrate technology. According to the results of XRD of quenched samples, it was determined that in the Sr-Ho-Fe-O system at 1100°C in air, solid solutions of the composition Sr1-xHoxFeO3-δ are formed. The region of homogenei

В современном мире актуален вопрос преобразования химической энергии в электрическую. Твердооксидные топливные элементы рассматриваются как перспективные системы эффективного преобразования и накопления энергии. Внедрение в электрохимический процесс новых катодных материалов с улучшенными свойствами могут повысить производительность топливных элементов. Кислородная нестехиометрия во многом определяет свойства образца. Изменение кислородной нестехиометрии происходит в результате контролируемого допирования компонента в подрешетку. [1]

Изучение системы Sr-Ho-Fe-O является перспективным направлением в связи с тем, что образцы данной системы могут быть использованы в качестве материалов для катодов ТОТЭ. На данный момент кристаллическая структура, область гомогенности и физико-химические свойства системы Sr-Ho-Fe-O в полной мере не описаны в литературных данных. [2,3]

Поэтому целью данной работы является определение областей гомогенности, фазового равновесия и изучение кислородной нестехиометрии соединений системы Sr-Ho-Fe-O.

Синтез образцов проводили по стандартной керамической и глицерин-нитратной технологиям. Фазовый состав полученных оксидов определяли рентгенографически. Определение параметров элементарных ячеек осуществляли с использование программы «CelRef 4.0», уточнение – методом полнопрофильного анализа Ритвелда в программе «FullProf 2008». Для установления кислородной нестехиометрии образцов проводили их йодометрическое титрование при 25°C.

С помощью рентгенофазового анализа установлено, что в системе Ho-Sr-Fe-O при 1100°C на воздухе существует единственный тип твердых растворов $Sr_{1-x}Ho_xFeO_{3-\delta}$.

Установлены области гомогенности $Sr_{1-x}Ho_xFeO_{3-\delta}$ ($0.1 \leq x \leq 0.2$ и $0.9 \leq x \leq 1.0$), методом рентгеновской порошковой дифракции изучена их кристаллическая структура.

На рисунке 1 представлена рентгенограмма образца $Sr_{0.8}Ho_{0.2}FeO_{3-\delta}$.

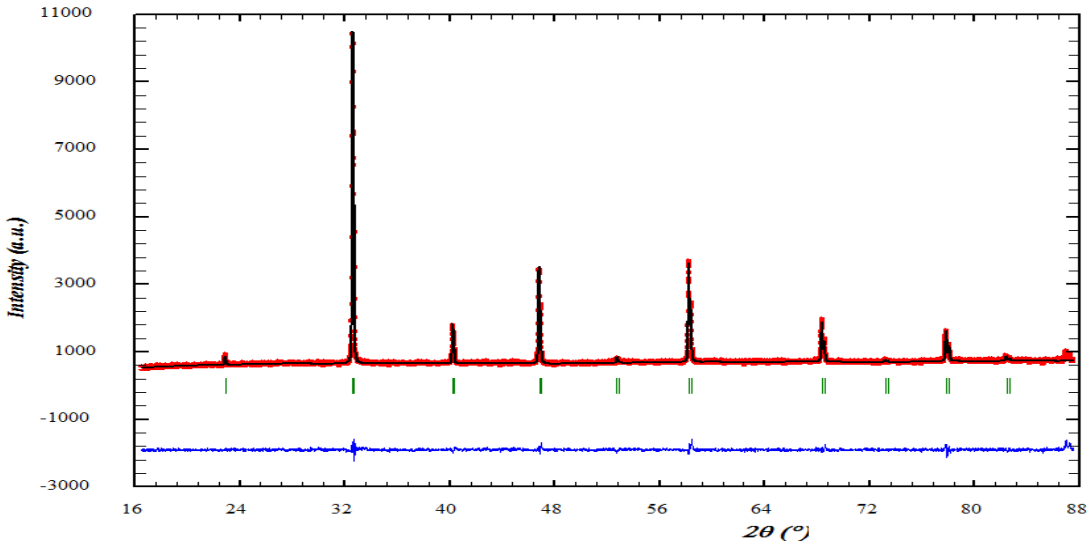


Рис. 1. Рентгенограмма, обработанная по методу Ритвелда $Sr_{0.8}Ho_{0.2}FeO_{3-\delta}$.

Для исследования фазового равновесия было синтезировано более 24 образцов с различными соотношениями компонентов в A и B подрешетках. По результатам рентгеновского анализа всех образцов была проведена триангуляция изобарно-изотермического разреза системы состава Sr-Ho-Fe-O.

1. Zhu X., Zhai L., Zhang L. Palygorskite mixed with Ho-based perovskite as a promising cathode material for solid oxide fuel cell // Applied Clay Science – 2018. – V. 166, P. 200–206.
2. Jantzen T., Petersen S., Hack K. Thermodynamic assessment of the Fe–Sr–O system with special attention to the Perovskite phase // Chemical Engineering Science – 2020. – V. 211.
3. Bae H., Singh B., Kim I. Thermodynamic Quantities and Defect Chemical Properties of La0.8Sr0.2FeO3-δ // Journal of The Electrochemical Society – 2018. – V. 165, № 9.

СИНТЕЗ И ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА НОВОГО СЛОЖНОГО ОКСИДА $BaLaIn_{0.5}Y_{0.5}O_4$ СО СТРУКТУРОЙ РАДДЛЕСДЕНА-ПОППЕРА

Черемисина П.В.[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: nastyacherhome@yandex.ru

SYNTHESIS AND TRANSPORT PROPERTIES OF NEW COMPLEX OXIDE $BaLaIn_{0.5}Y_{0.5}O_4$ WITH RUDDLESDEN-POPPER STRUCTURE

Cheremisina P.V.[1], Galisheva A.O.[1], Tarasova N.A.[1], Animitsa I.E.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The complex oxide $BaLaIn_{0.5}Y_{0.5}O_4$ was 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.

Развитие экологически чистой и ресурсосберегающей энергетики предполагает создание различных электрохимических устройств, в том числе, топливных элементов, для работы которых необходимыми являются новые материалы, характеризующиеся комплексом функциональных свойств. Сложные оксиды, обладающие высокими значениями ионной (O^{2-}, H^+) проводимости, могут быть использованы в качестве материала электролита твердооксидных топливных элементов ТОТЭ. При этом использование протонпроводящих сложных оксидов имеет ряд преимуществ, таких как понижение рабочих температур (до 300 − 500 ºС) и увеличение эффективности ТОТЭ.

Большинство известных протонных проводников – это сложные оксиды со структурой перовскита ABO3 или производной от нее. Возможность возникновения протонных дефектов в этих соединениях обусловлена наличием в их структуре вакансий кислорода, которые могут быть заданы введением акцепторного допанта.

Соединения с блочно-слоевой структурой, в том числе, со структурой Раддлесдена-Поппера, являются перспективными с точки зрения возможности реализации в них протонной проводимости. Наличие в структуре таких соединений (AA′BO4) солевых блоков [A,A′−O], разделяющих октаэдры [BO6] перовскитных слоев [A¾A′¼B′O4], предполагает возможность поглощения из газовой фазы больших количеств воды при гидратации.

До недавнего времени, в аспекте ионного переноса соединения со структурой Раддлесдена-Поппера с изучались только как кислородно-ионные проводники. Однако, в течение последних лет была показана возможность протонного переноса в таких соединениях, в том числе, в составах на основе $BaLaInO_4$. Было установлено, что при температурах ниже 500 оС в атмосфере с повышенным со-

держанием паров воды фазы на основе $BaLaInO_4$ демонстрируют 100% протонный перенос, а допирование катионных подрешеток La [1] и In [2] приводит к росту значений электропроводности на ~ 1.5 порядка величины. Однако фундаментальные закономерности переноса протонов, в том числе, влияние природы допанта на количество поглощаемой воды и состояние кислородо-водородных для этих систем на настоящий момент еще не установлены.

В настоящей работе изучена возможность проведения изовалентного допирования фазы $BaLaInO_4$ в подрешетке In на атомы Y, а также влияние допирования на величину протонной проводимости.

1. Tarasova N., Animitsa I., Galisheva A., J. Solid State Electrochem., 24, 1497 (2020).
2. Tarasova N., Galisheva A., Animitsa I., Ionics, 26, 5075 (2020).

ФАЗООБРАЗОВАНИЕ НИОБИЙ-СОДЕРЖАЩИХ ВОЛЬФРАМАТОВ ВИСМУТА

Черемных А.В.[1], Каймиева О.С.[1], Буянова Е.С.[1], Петрова С.А.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия
E-mail: ann.cheremnykh.98@mail.ru

A PHASE PHORMATION OF NIOBIUM-CONTAINING BISMUTH TUNGSTATES

Cheremnykh A.V.[1], Kaimieva O.S.[1], Buyanova E.S.[1], Petrova S.A.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute for Metallurgy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Complex oxides based on Bi_2O_3 are often used as solid-state electrolytes for electrochemical devices. Therefore, the purpose of this work is to obtain solid solutions of bismuth tungstates substituted with niobium and to study their physicochemical properties.

Кислород-проводящие твердые электролиты на основе δ-Bi_2O_3 с дефектной флюоритовой структурой нашли широкое применение в твердооксидных топливных элементах. Гранецентрированная кубическая фаза Bi_2O_3, стабилизированная различными ионами алиовалентных металлов, имеет самое высокое значение кислородно-ионной проводимости среди всех известных кислородно-ионных проводников (1-1.5 См·см$^{-1}$ [1]).

Поэтому целью настоящей работы является получение и исследование твердых растворов с общей формулой $Bi_{22.5}W_{4.5-x}Nb_xO_{47.25-\delta}$ (x=0-0.5, △x=0.05).

Образцы заданного состава были получены твердофазным методом. Навески соответствующих оксидов (Bi_2O_3 (ос.ч.), WO_3 (ос.ч.), Nb_2O_5 (ос.ч.)) взвешивали в стехиометрических количествах и перетирали в агатовой ступке. Порошки отжигали по 8 часов в печи при температурах 600-700 °С с шагом 50 °С. Затем порошки прессовали в брикеты и отжигали при 750-970 °С с шагом 100 °С. После каждой стадии синтеза проводили промежуточные перетирания. Для стабилизации кубической структуры при комнатной температуре выполняли закалку образцов с 970 °С.

Фазовый состав образцов определяли с помощью рентгенофазового анализа (дифрактометр ДРОН-3, CuK_α-излучение) с использованием программ «FPeak» и «Match-DEMO». Обнаружено, что все образцы имеют структуру, подобную кубической модификации оксида висмута. Расчет параметров элементарных ячеек образцов производили в программе «Celref». Результаты показали, что есть незначительное изменение параметров кристаллической ячейки.

Для обнаружения фазовых переходов был проведен дилатометрический анализ (дилатометр DIL 402C), построены зависимости линейных размеров и коэффициента термического расширения от температуры. Для образца состава $Bi_{22.5}W_{4.3}Nb_{0.2}O_{47.25-\delta}$ показано, что при 780 °С происходит фазовый переход, вероятно, из тетрагональной в кубическую структуру. Коэффициент термического расширения равен $13.8 \cdot 10^{-6}$ °C^{-1}. Для образца состава $Bi_{22.5}W_{4.1}Nb_{0.4}O_{47.25-\delta}$ фазовых переходов не обнаружено. Коэффициент термического расширения равен $12.3 \cdot 10^{-6}$ °C^{-1}.

Таким образом, в результате выполнения работы мы показали возможность образования вольфрамата висмута, содержащего ниобий, определили оптимальные условия получения соединений с кубической структурой, нашли коэффициент термического расширения.

В ходе дальнейшего исследования будет определена плотность спекания керамики методом гидростатического взвешивания, электропроводность образцов методом импедансной спектроскопии для определения влияния введения ионов ниобия на свойства вольфрамата висмута.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (задание АААА-А20-120061990010-7).

1. T. Takahashi, H. Iwahara and Y. Nagai, J. Appl. Electrothem. 2, 97–104 (1972).

СТРУКТУРНЫЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА САМОДОЛЕГИРОВАННОГО МАНГАНИТА $Tm_{2-X}Mn_XO_3$

Черепанова Л.А.[1], Митрофанов В.Я.[1], Эстемирова С.Х.[1, 2]

[1)] Институт Металлургии Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: author@domen.ru

STRUCTURAL AND MAGNETIC PROPERTIES OF SELF-DOPED $Tm_{2-X}Mn_XO_3$ MANGANITE

Cherepanova L.A.[1], Mitrofanov V.Ya.[1], Estemirova S.Kh.[1, 2]

[1)] Institute of Metallurgy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In nonstoichiometric compositions Mn^{4+} ions are formed according to the requirements of electrical neutrality, and also as a result of disproportionation reaction(for compounds with excess Mn). An additional magnetic phase transition appears in all non-stoichiometric compositions.

В самолегированных манганитах $R_{2-x}Mn_xO_3$ по сравнению с $RMnO_3$ можно ожидать изменения характера магнитных фазовых состояний и механизма магнитных фазовых переходов за счет изменения валентного состояния Mn, возможного заселения Mn подрешетки РЗЭ, образования вакансий и др. Эффекты влияния катионной нестехиометрии на структуру и свойства были изучены широко в орторомбических манганитах [1], для гексагональных манганитов исследований практически не проводилось. Цель работы - исследование структурных и магнитных свойств самолегированного $TmMnO_3$ с гексагональной структурой.

Однофазные (рис. 1а) манганиты $Tm_{2-x}Mn_xO_3$ (x=0.96, 0.98, 1, 1.02, 1.04, 1.06) были синтезированы по керамической технологии при T=1300°C. Параметры кристаллической структуры были рассчитаны методом Ритвельда. Увеличение объема элементарной ячейки (V) в регионе с дефицитом Tm (избыток Mn) связано (вставка на Рис. 1а) с возрастающим заселением Tm своих узлов и изменения концентрации разновалентных ионов Mn. Механизм реализации нестехиометрии может быть следующим. Требование электронейтральности приводит к окислению Mn^{3+} до Mn^{4+}. При этом средний радиус (R) иона в B позиции понижается, т.к. он является средним арифметическим между концентрацией ионов $Mn3^+$ (R=0.645 Å) и Mn^{4+} (R=0.53 Å). Высокая растворимость Mn в структуре может быть следствием заселения узлов Tm ионами Mn^{2+} (R=0.67 Å), образующимися по реакции диспропорционирования ($2Mn^{3+}= Mn^{4+}+Mn^{2+}$). Модель с разновалентными ионами Mn и заселение Mn2+ позиций Tm подтверждена низкими факторами расходимости при уточнении рентгеновских данных методом Ритвельда.

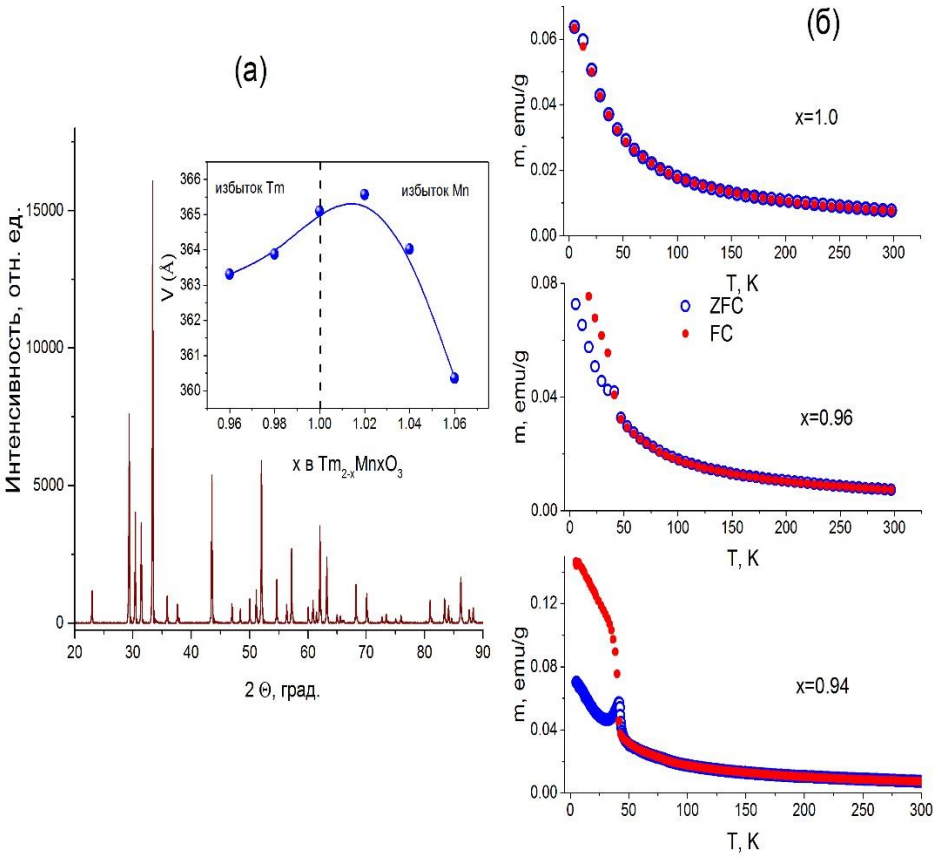


Рис. 1. Дифрактограмма $TmMnO_3$ и зависимость параметров элементарной ячейки в $Tm_{2-x}Mn_xO_3$ (а); температурные зависимости намагниченности при охлаждении в нулевом поле (ZFC) и в поле H=100 Э (FC).

Повышение V в регионе составов с дефицитом Mn (избыток Tm) с уменьшением содержания Tm может быть следствием уменьшения концентрации вакансий в подрешетке Mn, радиус которых немого меньше радиуса ионов $Mn^{3}+$.

Для всех исследуемых образцов имеет место переход в антиферромагнитное состояние при T_N 80 K, как и для стехиометрического $TmMnO_3$ [2]. Для соединений $Tm_{2-x}Mn_xO_3$ (x=0.96, 1.06) обнаружен магнитный фазовый переход при T^* 40 K. Вопрос о происхождении этого перехода требует дополнительного исследования.

Работа выполнена по Государственному заданию ИМЕТ УрО РАН в рамках Программы фундаментальных исследований государственных академий по теме 0369-2019-0001 с использованием оборудования ЦКП «Урал-М».

1. J. Deng, A. Yang, M. A. Farid, H. Zhang, J. Li, H. Zhang, G. Li, L. Liu, J. Suna, J. Lin, RSC Adv. 7, 2019–2024 (2017).
2. K. Yoshii and H. Abe, J. Sol. State Chem. 165, 131–135 (2002).

ВИРТУАЛЬНАЯ СИМУЛЯЦИЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ

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

VIRTUAL SIMULATION OF MODIFYING THE STRUCTURE OF TECHNICAL CERAMICS

Chernetskiy I.V.[1], Kartashov V.V.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

Modification of technical ceramics by adding nanopowders improves its characteristics. We have adapted a computer model that helps to evaluate the optimal content of nanopowder additives. Such a virtual simulation can significantly save time, and the obtained data can be used in a real experiment.

Керамические материалы достаточно давно используются в промышленности, при этом требования к их физико-механическим характеристикам постоянно растут. Одним из наиболее перспективных способом повышения характеристик этих материалов представляется метод наномодифицирования (введение добавок нанопорошков) Он оптимален как с экономической, так и с технологической точек зрения. Кроме того, модифицированные таким образом керамические материалы могут обладать уникальными свойствами. В нашей статье [1] уже упоминалось, что добавки 2-10 масс. % нанопорошков приводят к существенному упрочнению (до 36-45 %) образцов. Кроме того, была отмечена пониженная на 100-200 °С температура спекания наномодифицированных керамических материалов.

Мы продолжили исследования и адаптировали компьютерную модель, которая помогает оценить оптимальное содержание добавок нанопорошков. Подобная виртуальная симуляция позволяет значительно сэкономить время, а полученные данные использовать уже на практике в реальном эксперименте. Было установлено, что крайне важное значение имеет соотношение размеров частиц в системе (исходные микропорошки имеют размеры до 100мкм, в то время как нанопорошки ~ 10нм).

1. Chernetskiy, I.V., Kartashov, V.V., Vlasov, A.V. AIP Conference Proceedings 2174, 020113-1–020113-6, (2019)

ТЕПЛОВОЙ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ПОРИСТЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Черных С.Е.[1], Костин В.Н.[1, 2], Комоликов Ю.И.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: suo@mail.ru

THERMAL NON-DESTRUCTIVE TESTING OF POROUS COMPOSITE MATERIALS

Chernykh S.E.[1], Kostin V.N.[1, 2], Komolikov Yu.I.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Cylindrical porous diaphragms made of a composite based on zirconium and aluminum oxides were studied by the method of thermal control. The use of the active two-way control technique allowed detecting manufacturing defects such as fistulas and cracks, as well as other surface inhomogeneities.

Методом теплового контроля [1] были исследованы цилиндрические пористые диафрагмы из композита на основе оксидов циркония и алюминия. Диафрагмы служат для разделения анодного и катодного пространства в проточных электрохимических реакторах, работают при избыточном давлении, потому любой дефект приводит к их разрушению и выходу из строя оборудования.

В проводимых исследованиях в качестве источника тепловой стимуляции, вводимого внутрь объекта контроля, использовался спиральный нагревательный элемент, температура поверхности которого находилась в диапазоне от 230 °С до 340 °С. Время теплового воздействия на образцы в каждом эксперименте составляло до 3 минут. Распределение тепловых полей на наружной поверхности образцов фиксировалось с помощью инфракрасной камеры FLIR T620bx при дистанции наблюдения 300 мм.

Применение методики активного двустороннего теплового контроля [2] позволило получить результаты, показывающие возможность обнаружения производственных дефектов типа свищей и трещин, а также других поверхностных неоднородностей.

Так на полученных термограммах, обнаружена локальная тепловая аномалия, полученная от свища диаметром 0,3 мм. Температурный контраст с фоном при этом составил порядка 60 °С, что значительно превышает минимальное температурное разрешение современных тепловизионных средств, применяемых в тепловом контроле [3].

На термограмме, показанной на Рис. 1., наблюдается дефект в виде продольной трещины. Температурный контраст берегов трещины при этом составил около 9 ºС.

Обнаруженные на термограммах дефекты отчетливо выявляются, метод получения термоизображений изделий достаточно технологичен, таким образом, рассматриваемый подход позволяет проводить дефектоскопию в потоке при производстве цилиндрических пористых диафрагм из композитных материалов.

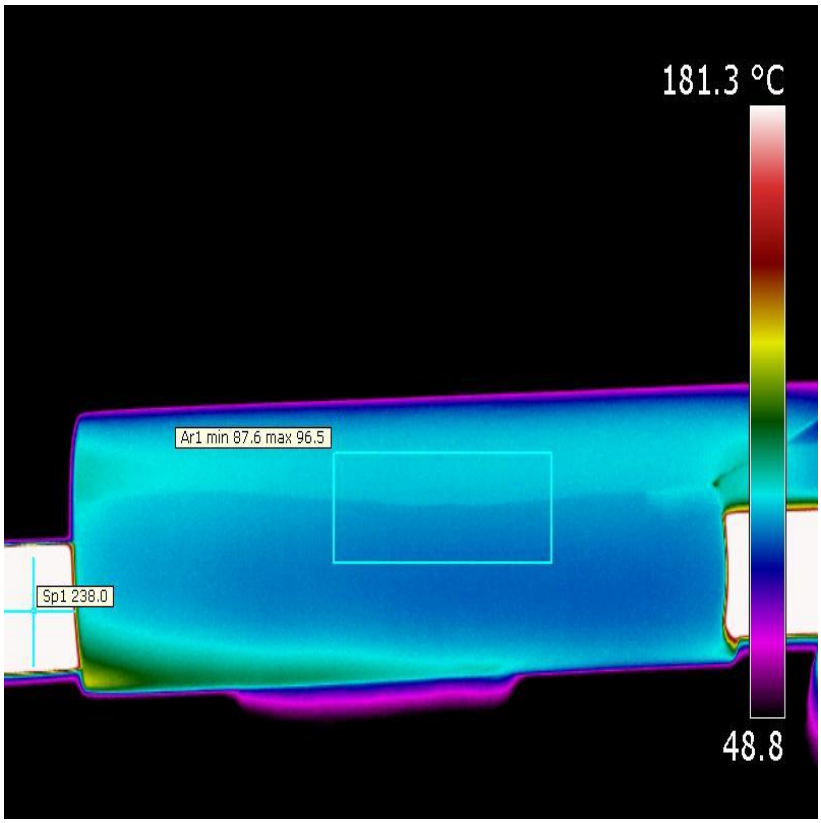


Рис. 1. Термограмма дефекта. Трещина.

По результатам наших исследований метод теплового неразрушающего контроля можно рассматривать как один из наиболее перспективных для дефектоскопии изделий из пористых композитных материалов.

1. Неразрушающий контроль. Справочник. — В 7 т. — Том 5. — В 2 кн. — Кн. 1: В.П. Вавилов. — М.: Машиностроение, (2004).
2. В.П. Вавилов, А.О. Чулков, Д.А. Дерусова, Я. Пань. Новые идеи в активном тепловом контроле // В мире неразрушающего контроля. – 2016. – № 1 – С. 5-7.
3. Вавилов В.П. Тепловой неразрушающий контроль материалов и изделий. Дефектоскопия, № 10, с.34-57 (год публикации - 2017).

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И КОЭФФИЦИЕНТ ТЕРМОЭДС ПЛЕНОК $(In_2O_3/SiO_2)_{25}$

Четверикова А. П.[1], Панков С.Ю.[1], Зайцев Р.А.[1], Каширин М.А.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
E-mail: alina.chetverikova@mail.ru

EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE STRUCTURE AND COEFFICIENT OF THERMAL EMF OF FILMS

Chetverikova A.P.[1], Pankov S.Yu.[1], Zaitsev R.A.[1], Kashirin M.A.[1]

[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

The electrical properties of thin films $(In_2O_3/SiO_2)_{25}$ and their stability under high-temperature treatment are investigated. The value of the thermal emf coefficient after a series of annealing is stabilized and corresponds to the values for the electrodes of chromel-alumel thermocouples.

В современной термометрии в области высокотемпературных измерений широко используется термопары из неблагородных металлов. Пленки металлоксидов обладают весьма низким электрическим сопротивлением при этом коэффициент термоЭДС (α) может иметь значение от 50 до 100 мкВ/°С. Одной из областей применения данных материалов, является использование в качестве электродов термопар, работающих в окислительных или восстановительных средах [1]. Особенно актуально их использование при высокотемпературных измерениях. Однако, вопрос стабильности характеристик такой термопары остается открытым.

В представленной работе исследуются электрические свойства тонких пленок $(In_2O_3/SiO_2)_{25}$, полученные методом ионно-лучевого распыления. Методами рентгеноструктурного анализа (РСА) и рефлектометрии было установлено, что в исходном состоянии пленки $(In_2O_3/SiO_2)_{25}$ являются рентгеноаморфными с периодом структуры 6,3 – 7,8 нм [2]. Термическая стабильность оценивалась по изменению α в ходе серии отжигов в интервале температур 200 - 600 °С в воздушной среде и вакууме. Увеличение температуры отжига приводит к укрупнению кристаллитов In_2O_3 (по результатам РСА), и как следствие к постепенному разрушению слоистой структуры.

Можно предположить, что α пленок $(In_2O_3/SiO_2)_{25}$ после серии отжигов до 600 °С стабилизируется вследствие диффузии границ раздела слоев SiO_2/ In_2O_3. Полученные значение коэффициента термоЭДС несколько выше значений для хромеля (21,3 мкВ/°С) и алюмеля (-20 мкВ/°С) используемых в качестве традиционных электродов термопар.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания (проект №FZGM-2020-0007).

1. G. Korotcenko et al., Crystals, 8(1), 010014(2018)
2. S.Yu. Pankov et al., Advanced Materials & Technologies, 1(17), P. 43-48 (2020)

ПРОВОДИМОСТЬ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $LaIn_{1-x}Zn_xO_{3-1/2x}$

Егорова А.В.[1, 2], Терещенко А.Р.[1], Белова К.Г.[1, 2], Анимица И.Е.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ИВТЭ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: OAV-hn@yandex.ru

CONDUCTIVITY OF PEROVSKITE-LIKE SOLID $LaIn_{1-x}Zn_xO_{3-1/2x}$

Egorova A.V.[1, 2], Tereshchenko A.R.[1], Belova K.G.[1, 2], Animitsa I.E.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of High Electrochemistry, Yekaterinburg, Russia

This article devoted to the investigation of physico-chemical properties of solid solutions based on perovskite $LaInO_3$. The $LaIn_{1-x}Zn_xO_{3-1/2x}$ powders were synthesized via solid state method. The homogeneity region was x=0.0−0.07. Structure, phase composition and conductivity have been investigated.

Важной задачей современной ионики твердого тела является модификация структуры известных соединений и, как следствие, оптимизация их физико-химических свойств. В качестве модельной системы в настоящей работе выбран индат лантана $LaInO_3$ со структурой перовскита. В литературе описаны различные стратегии модифицирования $LaInO_3$, где в качестве допантов используются щелочноземельные металлы [1−4]. Однако ранее, на примере алюмината лантана [5] мы показали, что эффективным может быть допирование цинком. Акцепторное допирование создает разупорядочение в кислородной подрешетке и приводит к росту электропроводности. Также, присутствие цинка, как 2-х зарядного допанта, в отличие от щелочноземельных металлов, не приводит к карбонизации керамики. Добавки цинка улучшают спекаемость материалов и позволяют получить высокоплотную керамику.

В настоящей работе получены новые фазы при частичном замещении индия на цинк – $LaIn_{1-x}Zn_xO_{3-1/2x}$. Твердофазный синтез образов состава $LaIn_{1-x}Zn_xO_{3-1/2x}$ (x=0, 0.05, 0.07, 0.1, 0.15) был осуществлен ступенчато в температурном режиме 700−1200°C с шагом в 100°C и промежуточными перетираниями в шаровой мельнице.

Фазовый состав контролировали с помощью метода РФА, используя дифрактометр Bruker D8 Advance. Установлено, что область гомогенности ограничивается составом 7 мол.%. Твердые растворы кристаллизуются в ромбической симметрии с пр. гр. Pnma, аналогично исходной матрице.

Для исследования электрических свойств образцы были спечены в форме таблеток при температуре 1250°C. Относительная плотность таблетированных образцов, определенная методом гидростатического взвешивания, составила примерно 94−98%.

Проведена комплексная физико-химическая аттестация полученных фаз (проводимость как функция T, $p(H_2O)$, $p(O_2)$).

На рисунке 1 приведены политермы проводимости твердых растворов x=0.05 (LIZ9505) и x=0.07 (LIZ9307) в сравнении с индатом лантана, полученным в рамках настоящей работы, и $LaInO_3$ (LI), исследованных в литературе [1−3].

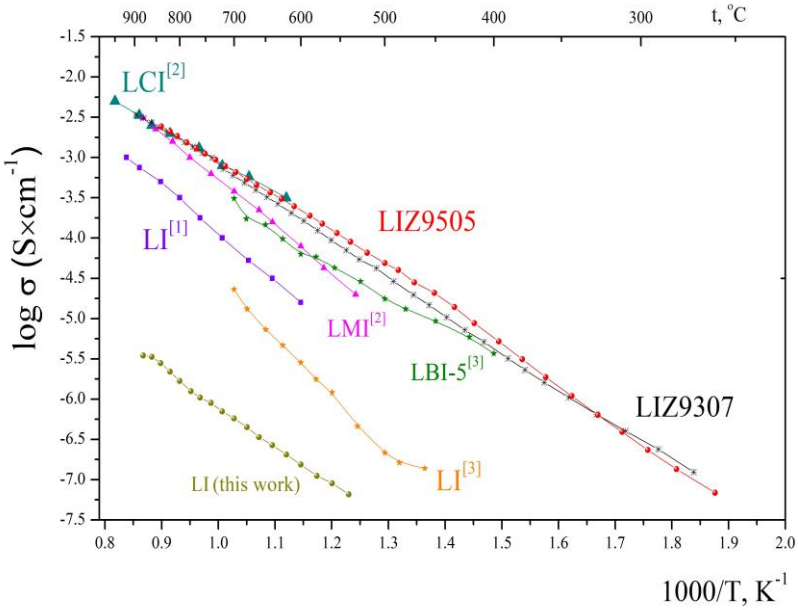


Рис. 1. Политермы проводимости керамики на основе $LaInO_3$

Исследования показали, что частичное замещение цинком в B-подрешетке увеличило проводимость относительно недопированной фазы на ~3 порядка величины, и также превосходит по значениям проводимости индатов лантана, замещенных щелочно-земельными металлами.

Для образца LIZ9307 была проведена дифференциация проводимости на парциальные вклады. Исследования проводимости в зависимости от парциального давления кислорода показали, что образец LIZ9307 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.

This work was supported by the State Assignment no. AAAA-A20-120061990010-7.

1. He H. et al. / Electrochimica Acta (2001) V. 46. P. 2871–2877.
2. He H. et al. / Solid State Ionics (2000) V. 130. P. 183 –193.
3. Sood K. et al./ Physica B (2015) V. 456. P. 250–257.
4. Lybye D., Poulsen F. W., Mogensen M. / Solid State Ionics (2000) V. 128. P. 91–103.
5. Egorova A.V. et al / Chimica Techno Acta (2021) V. 8(1). P. 28-43.

LAYER THINNING AND ETCHING OF QUASI-1D TiS_3 NANORIBBONS USING RAMAN SPECTROSCOPY

El-Sayed M.A.[1, 2], Natalia V.D.[1], Dmitry I.Ya.[1]

[1)] Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Russian Federation
[2)] Menoufia University, Shebin El-Koom, Egypt

E-mail: mira@phystech.edu

The present work is devoted to studying the possibilities of laser etching of TiS_3 nanoribbons using Raman spectroscopy. The main parameters considered in this study are laser power and exposure time.

Layered semiconductors based on transition-metal chalcogenides have attracted extensive interest due to their amazing physical properties that vary widely depending on their thickness [1]. Most TMDS undergo a transition from indirect-bandgap semiconductors into direct-bandgap semiconductors when its thickness is thinned down to a single layer [2]. Therefore, the realization of accurate control over the layer thickness of these layered materials is desirable. Mechanical exfoliation has been widely used as a production technique of monolayers of atomic thickness which has proven to be effective to obtain high-quality two-dimensional (2D) crystals. During the past few years, researchers have used laser thinning of MoS2 as a promising and alternative fabrication method [3, 4]. The present work is devoted to studying the possibilities of laser etching of TiS_3 nanoribbons using Raman spectroscopy. The current experiments were carried out with 100-150-nm-thick nanoribbons. With such a sample thickness, the resulting etching without oxidation was in the range of 20-25 nm. During this study, we found that the etching depth does not depend on the initial thickness of the nanorod, which suggests that in the case of samples with a smaller thickness, a monolayer can be obtained.

1. Lv. R, Robinson. J. A, Schaak. R. E, Sun. D, Sun. Y, Mallouk. T. E, and Terrones. M, “Transition metal dichalcogenides and beyond: synthesis, properties, and applications of single- and few-layer nanosheets”, Acc. Chem. Res. 48, 56 (2015).
2. Mak. K. F, Lee. C, Hone. J, Shan. J, and Heinz. T. F, “Atomically thin MoS2: a new direct-gap semiconductor”, Phys. Rev. Lett. 105, 136805(2010).
3. Gu, E, Wang. Q, Zhang, Y, Cong, C, Hu. L, Tian. P, Liu. R, Zhang. S.-L, and Qiu. Z.-J, “A real-time Raman spectroscopy study of the dynamics of laser-thinning of MoS2 flakes to monolayers. AIP Adv. 7, 125329 (2017)
4. Tessarek. C, Gridenco. O, Wiesing. M, Müssener. J, Figge. S, Sebald. k, Gutowski. J, and Eickhoff. M, “Controlled Laser-Thinning of MoS2 Nanolayers and Transformation to Amorphous MoOx for 2D Monolayer Fabrication”, Nano Mater. 3, 7490−7498 (2020).

ВЛИЯНИЕ КОМПАКТИРОВАНИЯ ИСХОДНОЙ ШИХТЫ НА РАДИАЦИОННЫЙ СИНТЕЗ ИАГ:Ce КЕРАМИКИ

Ермолаев А. В.[1], Коржнева Т.Г.[1], Карипбаев Ж.Т.[1, 2], Полисадова Е.Ф.[1], Лисицын В.М.[1]

[1)] Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
[2)] Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан

E-mail: alexermv@mail.ru

INFLUENCE OF COMPACTING THE INITIAL CHARGE ON THE RADIATION ASSISTED SYNTHESIS OF YAG:Ce CERAMICS

Ermolaev A. V.[1], Korzhneva T.G.[1], Karipbaev J.T.[1, 2], Polisadova E.F.[1], Lisitsyn V.M.[1]

[1)] Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia
[2)] L.N. Gumilev Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

It has been shown that under the influence of a powerful stream of electrons with an energy of 1.4 MeV, a mixture of aluminium oxides, yttrium, cerium is converted into ceramics.

В работе [1,2] показано, что под действием мощного потока электронов с энергией 1,4МэВ, смесь из оксидов алюминия, иттрия, церия преобразуется в керамику. В тигле формируются шаровидные образцы с твердой оболочкой и пористые внутри. Диаметр образца может достигать 10 мм при толщине стенок оболочки около 1 мм. Очевидно, формирование таких образцов объясняется существованием газовой фазы в облучаемой области шихты. Возможны 2 источника существования такой фазы. Синтез производился из шихты, представляющей собой смесь порошков оксидов, в пространстве между частицами имеется воздушная среда, которая занимает большую часть смеси. Возможно появление газовой фазы и при атомизации в поле радиации (радиолиз) частиц исходной смеси.

С целью уменьшения объема газовой фазы в образцах ИАГ:Ce керамики при синтезе были проведены эксперименты по предварительному компактированию шихты. Процедура компактирования заключалась в следующем. Готовилась шихта из исходных порошков с их весовым соотношением, равным стехиометрическому для получения ИАГ:Ce керамики. Затем шихта смешивалась со спиртом, тщательно перемешивалась и заливалась в тигель. В тигле смесь выдерживалась до полного высыхания. В результате такой подготовки насыпная плотность шихты увеличивалась от 1,15 г/см^3 в смеси до 2,1 г/см^3. Затем производился синтез из компактированной шихты в тигле путем облучения.

Показано, что синтез из предварительно компактированной шихты приводит к формированию пластины с малым количеством пористой структуры. На рисунке ниже приведены фотографии образцов керамики, полученной при синтезе их предварительно компактированной и не компактированной шихты.



Рис. 1. ИАГ:Се керамика из предварительно компактированной (а) и некомпактированной (б) шихты.

В докладе будут представлены результаты исследования люминесценции образцов керамики, полученных из шихты, подготовленной двумя разными способами.

Работа выполнена в рамках гранта AP08052050 Министерства образования и науки Республики Казахстан.

1. V.M. Lisitsyn, M.G. Golkovsky, D.A. Musakhanov, A.T. Tulegenova, K.A. Abdullin, M.B. Aitzhanov, Journal of Physics: Conference Series, 1 (1115), 052007 (2018).
2. V.M. Lisitsyn, L.A. Lisitsyna, M.G. Golkovsky, D.A. Musakhanov, A.V. Ermolaev, Russian Physics Journal, 63(9), 1615–1621 (2021).

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОБЪЯСНЕНИЯ ТЕКСТУРЫ КРИСТАЛЛИТОВ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ Al_2O_3

Ерофеев М.Е.[1], Чукин А.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: erofeevmark.e@gmail.com

APPLICATION OF AN ENERGY MODEL TO EXPLAIN TEXTURE OF CRYSTALLITIES IN THE THIN FILMS OF Al_2O_3

Erofeev M.E.[1], Chukin A.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

An attempt to explain the processes of appearing texture of Al_2O_3 crystallites obtained by reaction anodic evaporation was presented. The calculation is based on an energy model that takes into account the contribution of both the surface energy and the energy of elastic stresses of crystallites.

В зависимости от условий получения покрытия из оксида алюминия Al_2O_3 могут существовать в различных кристаллических и аморфных модификациях. Наиболее интересную для практического применения α-фазу Al_2O_3 при низких (400-500°C) температурах получают реакционным анодным испарением с использованием ионного сопровождения [1], при этом процесс фазообразования становится сильно неравновесным, что приводит к возникновению сильной текстуры кристаллитов.

Варьирование параметров ионного сопровождения приводит к смене преимущественной ориентации кристаллитов, а также к изменению их размеров и уровню микроискажений.

Ранее [2] было показано, что для кристаллитов малого размера более выгодным является формирование γ-фазы Al_2O_3, из-за меньшего значения поверхностной энергии. Возникновение же кристаллитов α-фазы с размерами меньше критических говорит о том, что на формирование покрытия в неравновесных условиях оказывает влияние также искажения кристаллической решетки, причем в этих условиях происходит нуклеация кристаллитов α-фазы с преимущественной ориентацией по плоскостям (300).

В свою очередь, как было показано в [3], при незначительном повышении температуры синтеза формирование кристаллитов α фазы с той же текстурой наблюдалось при фазовом переходе из кристаллитов γ-фазы Al_2O_3, обладающих сильной текстурой по плоскостям (440). Возможность такого перехода при температурах около 700°C обусловлена слабым отличием межплоскостных расстояний кристаллических решеток. При этом в синтезированных покрытиях были зафиксированы сильные внутренние напряжения.

В настоящей работе была предпринята попытка объяснения процессов формирования текстурированных кристаллитов Al_2O_3, получаемых реакционным анодным испарением с ионным сопровождением, на основе энергетической модели, учитывающей вклад, как поверхностной энергии, так и энергии упругих напряжений кристаллитов.

На основании термодинамической модели [4] был проведен расчет поверхностной энергии для различных вариантов преимущественной ориентации кристаллитов по плоскостям (311), (400), (440).

Рассмотрена термодинамическая стабильность покрытий Al_2O_3 с различными текстурами, обусловленными изменением свободной энергии Гиббса основных плоскостей.

Модельные расчеты показали, что поверхностная энергия плоскостей (440) γ-фазы Al_2O_3 не является наименьшей среди возможных поверхностных энергий. Тем не менее на эксперименте наблюдается преимущественная ориентация плоскостей (300) α-фазы Al_2O_3, которая возникает из сильно-текстурированных плоскостей (440) γ-фазы (рис. 1.) [5].

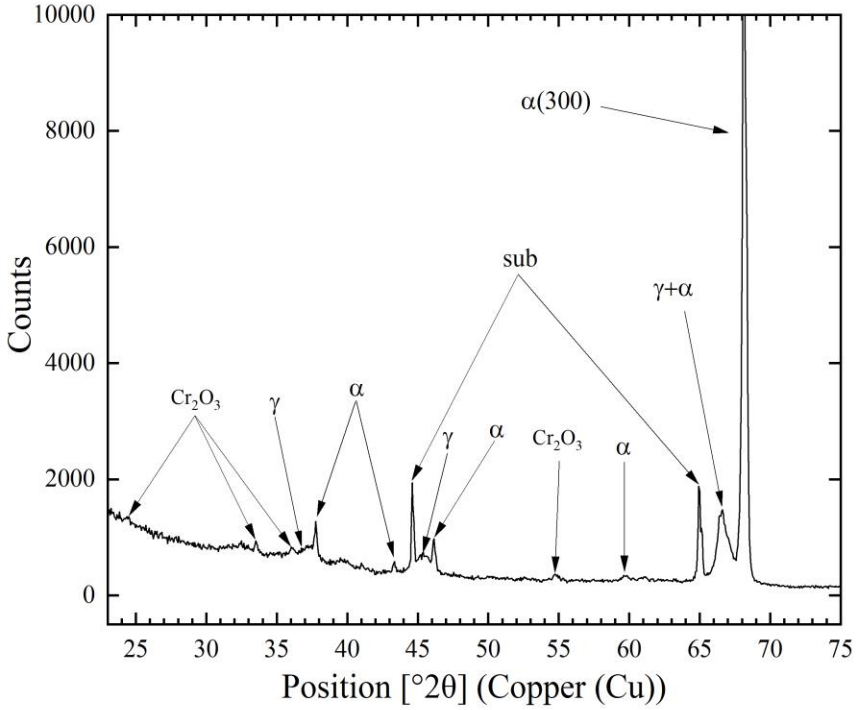


Рис. 1. Фрагмент дифрактограммы

Таким образом, можно сделать вывод о том, что основным вкладом в нуклеацию кристаллитов с текстурой (440) в сильно неравновесных условиях дает энергия напряжений.

1. Gavrilov N.V., Kamenetkikh A.S., Tretnikov P.V., Chukin A.V., Surface and Coating Technology, 337, 453–460 (2018)
2. McHale J. M., Auroux A., Perrotta A. J., Navrotsky A., Science, 277, 788-791 (1997)

3. Zywitzki O., Hoetzsch G., Fietzke F., Goedicke K., Surface and Coatings Technology, 82, 169-175 (1996)
4. Zhao J.P., Wang X., Chen Z.Y., Yang S.Q., Shi T.S. and Liu X.H., Journal of Physics D: Applied Physics, 30, 5-12 (1997)
5. Chou T.C and Nieh T.G.,Thin Solid Films, 221, 89-97, (1992)

ЯМР ^{23}Na В СЛОЖНЫХ ВОЛЬФРАМАТАХ НАТРИЯ СО СТРУКТУРОЙ ТИПА NASICON

Федоров Д.С.[1, 3], Бузлуков А.Л.[2, 3], Денисова Т.А.[3], Котова И.Ю.[4]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов УрО РАН имени М.Н. Михеева, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[4)] Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия
E-mail: ddtzamen@yandex.ru

^{23}Na NMR IN COMPLEX SODIUM TUNGSTATES WITH A NASICON-TYPE STRUCTURE

Fedorov D. S.[1, 3], Buzlukov A. L.[2, 3], Denisova T. A.[3], Kotova I. Y.[4]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metal Physics of UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[3)] Institute of Solid State Chemistry of UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[4)] Baikal Institute of Nature Management of SB RAS, Ulan-Ude Russia

The dynamics (mobility) of sodium ions in ternary sodium tungstates with the NASICON structure has been studied by NMR ^{23}Na in the temperature range of 300-900 K. The frequencies of atomic hopping and the activation energy of diffusion of Na^+ ions are estimated.

Перспективными материалами для использования в твердых электролитах являются трехмерные суперионные проводники с каркасными структурами ромбоэдрического типа, к которым принадлежит и структурный тип NASICON. Для структур этого типа характерен трехмерный каркас из RO6-октаэдров, соединенных вершинами с тетраэдрами EO4, в пустотах каркаса, образующих каналы, могут перемещаться одно- и двухзарядные катионы [1, 2].

Настоящая работа предпринята с целью установления с помощью метода ЯМР ^{23}Na особенностей динамики ионов натрия в тройных вольфраматах натрия со структурой NASICON [3] состава $Na_xMg_xAl_{2-x}(WO_4)_3$ (x=0.4 – 0.6). Спектры ЯМР регистрировали в режиме вращения под магическим углом (MAS) на спектрометре Agilent VNMRS 400 WB и в статическом режиме на ЯМР спектрометре Bruker Avance III 500 WB в интервале температур 300–900 K.

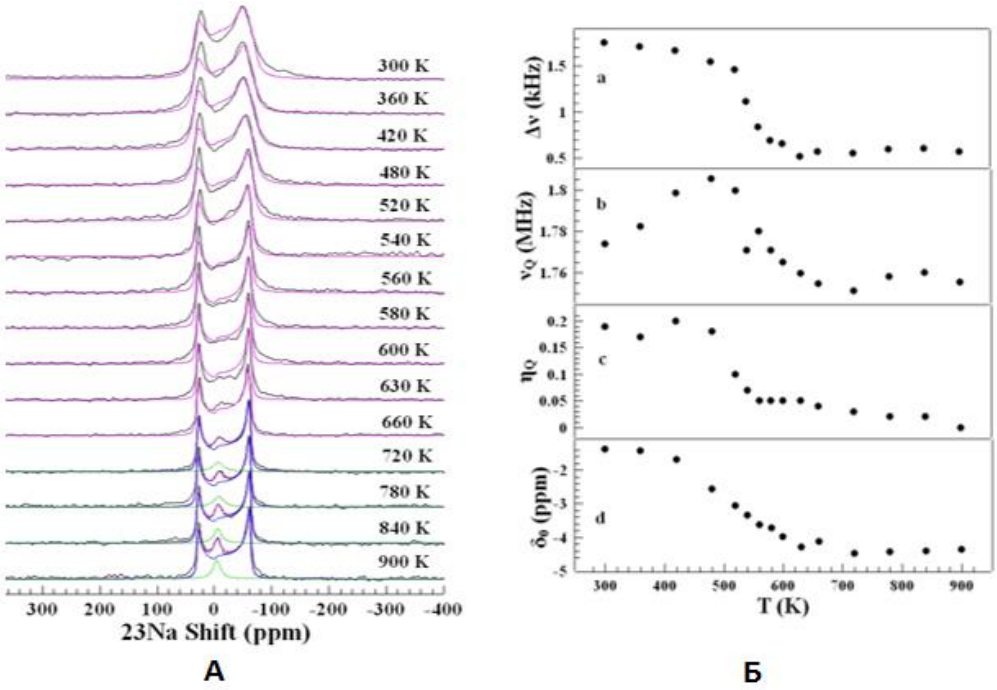


Рис. 1. Температурные изменения спектров ЯМР ^{23}Na для $Na_{0.5}Mg_{0.5}Al_{1.5}(WO_4)_3$ (А) и температурные изменения ширины линии (a), квадрупольной частоты (b) параметра асимметрии тензора ГЭП (c) и сдвига (d) линии ЯМР (Б).

На рисунке 1 показаны спектры ЯМР ^{23}Na и температурное изменение параметров линии для соединения $Na_{0.5}Mg_{0.5}Al_{1.5}(WO_4)_3$. Наилучшая аппроксимация спектров ЯМР ^{23}Na достигается в рамках модели, предполагающей доминирующую роль квадрупольных эффектов второго порядка. В рамках данной модели ЯМР спектры в области температур 300–660K могут быть описаны как одиночная линия, что согласуется со структурными особенностями $Na_{0.5}Mg_{0.5}Al_{1.5}(WO_4)_3$, где предполагается одна кристаллографическая позиция ионов натрия.

Температурная эволюция спектров ЯМР ^{23}Na типична для систем с быстрой ионной динамикой. При $T \geq 520$ K наблюдается уменьшение значений ширины линии, $\Delta\nu$, что обусловлено, наиболее вероятно, активацией атомных скачков при этих температурах. Стандартные методы анализа дают значение частоты атомных перескоков, $\tau d^{-1} \sim 10^3 – 10^4$ c^{-1} при $T \sim 500 – 550$ K. Оценка величины энергии активации по выражению Уо-Федина [4] дает значение энергии активации $E_a \approx 0.8 – 0.9$ эВ (при $T0 = 500 – 550$ K), сопоставимое с данными проводимости.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №18-12-00395.

1. Лазоряк Б.И. // Успехи химии. 65, 307–325 (1996).
2. Ярославцев А.Б. // Успехи химии, 85, 1255–1276 (2016).
3. Кучанский П.В., Котова И.Ю., Хайкина Е.Г // Материалы III Всеросс. молодеж. науч. конф. с междунар. участием «Экологобезопасные и ресурсосберегающие технологии и материалы». Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН; 111 (2017).

4. Waugh, J.S., Fedin, E.I. // Sov. Phys. Solid State 4, 1633-1636 (1963).

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕШЕТОЧНЫХ СВОЙСТВ SnSe НА ОСНОВЕ РАСЧЕТОВ ИЗ ПЕРВЫХ ПРИНЦИПОВ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Филанович А.Н.[1], Повзнер А.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: a.n.filanovich@urfu.ru

SIMULATION OF LATTICE PROPERTIES OF SnSe BASED ON AB INITIO CALCULATIONS AND MACHINE LEARNING

Filanovich A.N.[1], Povzner A.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We develop a thermodynamic model of the lattice properties of a promising thermoelectric material SnSe. The model is based on the results of first principle calculations of the ground state energy of SnSe as well as on the parameters of lattice vibrations estimated using machine learning methods.

Селенид олова является материалом с высокой термоэлектрической добротностью [1] и при этом менее токсичен по сравнению с термоэлектриками на основе свинца и теллура. Одним из факторов, обеспечивающих высокую добротность SnSe, является низкое значение коэффициента теплопроводности, которое обусловлено значительным решеточным ангармонизмом данного соединения [2,3]. На сегодняшний день опубликовано достаточно большое количество работ, в которых исследуется динамика решеточных колебаний SnSe и рассчитывается коэффициент его теплопроводности. В то же время недостаточно изучены другие его свойства, важные для практического применения, такие, как теплоемкость, коэффициент теплового расширения, упругие модули и т.д.

В настоящей работе развивается термодинамическая модель, которая достоверно описывает имеющуюся экспериментальную информацию по тепловым и упругим свойствам SnSe. Энергия основного состояния как функция объема рассчитывается с помощью методов DFT, а энергия решеточных колебаний в рамках обобщенной модели Дебая-Эйнштейна [4], при этом модельные параметры оцениваются с привлечением регрессионных моделей, обученных ранее (см. например, [5]) на большом количестве данных открытых баз Aflowlib и Materials Project. В работе осуществляются расчеты температурных зависимостей теплоемкости, коэффициента теплового расширения, модуля всестороннего сжатия и коэффициентов Грюнайзена SnSe. Полученные сведения могут быть полезны для практического использования данного материала.

1. Li-Dong Zhao, C. Chang, G. Tan, and M. G. Kanatzidis, Energy Environ. Sci. 9, 3044 (2016).
2. Y. Lu, Fa-wei Zheng, Yu Yang, P. Zhang, and Dong-Bo Zhang, Phys. Rev. B. 100, 054304 (2019).
3. C. W. Li, J. Hong, A. F. May, D. Bansal, S. Chi, T. Hong, G. Ehlers, and O. Delaire, Nat. Phys. 11, 1063 (2015).
4. A. N. Filanovich and A.A. Povzner, Physica B: Cond. Matt. 601, 412530 (2021).
5. A. N. Filanovich and A. A. Povzner, Proceedings - 2020 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology, USBEREIT 2020 N 9117689, p. 414-416 (2020) doi: 10.1109/USBEREIT48449.2020.9117689.

ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ НЕФТЕПЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ КОРРОЗИИ

Фомичева Е.Н.[1], Латыпов О.Р.[1], Бондарь М.А.[1]

[1)] ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» г. Уфа, Россия

E-mail: katyushka-fomich@mail.ru

RESEARCHING OF ADSORPTION PROPERTIES OF COATINGS FOR CORROSION PROTECTION OF REFINERY EQUIPMENT

Fomicheva E.N.[1], Latypov O.R.[1], Bondar M.A.[1]

[1)] Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

Corrosion of refinery plants is a serious problem because sulfur compounds contained in oil have a significant impact on the corrosion process. The exploitation of this equipment without special protective measures is unacceptable. The operation of this equipment with the use of protective coatings

На нефтеперерабатывающих предприятиях протекает множество технологических процессов, которые предназначены для получения из углеводородного сырья различных нефтепродуктов.

Первичная переработка нефти является основным процессом на нефтеперерабатывающих заводах, на который приходится основная часть капитальных и эксплуатационных затрат, в том числе связанных с коррозией оборудования и технологических трубопроводов.

При переработке нефти существенное влияние на коррозионный процесс оказывают соединения серы, содержащиеся в ней. Из них наиболее агрессивными являются сероводород, меркаптаны, элементарная сера.

Коррозия оборудования установок переработки нефти является серьезной проблемой и эксплуатация этого оборудования без специальных защитных мероприятий недопустима.

Эксплуатация технологического оборудования с применением защитных покрытий является одним из наиболее перспективных методов защиты от коррозии. Покрытия изолируют металл от агрессивной среды, в результате чего процесс разрушения металла замедляется.

Преимуществами защитных покрытий являются: обеспечение длительного эксплуатационного срока службы оборудования в агрессивной среде, относительно невысокая стоимость, удобство нанесения и эксплуатации.

Защитные свойства покрытий зависят в первую очередь от характера взаимодействия лакокрасочного материала с подложкой. Связи, возникающие между краской и металлом, называются адгезионными. Адгезия – это явление, которое заключается в установлении связи между пленкой краски и подложкой, на которую она нанесена.

Для исследования адсорбционных свойств на границе "металл-покрытие" были испытаны известные типы защитных покрытий, проведен сравнительный анализ свойств и характеристик и выбран наиболее эффективный тип покрытия.

В связи с постоянным совершенствованием изоляционных материалов, а также технологий их нанесения, повышается эффективность “пассивных” методов защиты от коррозии, увеличивается долговечность покрытия, и, соответственно, срок службы установок, изолированных этими материалами, что приводит к существенному снижению затрат на их эксплуатацию.

1. Кравцов В.В., Латыпов О.Р., Макаренко О.А., Ибрагимов И.Г. Коррозия и защита нефтезаводского и нефтехимического оборудования. Учебное пособие. — М.: Химия, 2010
2. Бугай Д.Е., Латыпов О.Р., Черепашкин С.Е. Коррозионно-стойкие материалы: учебник – Уфа: Изд-во «Нефтегазовое дело», 2012
3. Латыпов О.Р. Эксплуатация нефтегазового оборудования в агрессивных средах: учебное пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ. – 2018
4. Латыпов, О.Р., Бугай Д.Е. Ингибиторы коррозии в нефтегазовой промышленности - Уфа: Изд-во УГНТУ, 2013

ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ В СИСТЕМАХ ИЗ СОЛЕЙ НАТРИЯ С НАЛИЧИЕМ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ

Фролов Е.И.[1, 2], Финогенов А.А.[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: frolov_zhenya@inbox.ru

STUDY OF PHASE EQUILIBRIA IN SYSTEMS OF SODIUM SALTS WITH THE PRESENCE OF SOLID SOLUTIONS

Frolov E.I.[1, 2], Finogenov A.A.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Samara State Technical University, Samara, Russia

The study of two three-component and one four-component salt systems, which include only inorganic sodium salts, is carried out. Non-invariant points in the systems are found. Based on the results of the study, images of phase equilibria in systems and their description are presented.

Знание фазовых диаграмм многокомпонентные системы и информации по ним, имеют важное значение для создания многофункциональных материалов. Интерес представляют как эвтектические системы, так и системы с непрерывными рядами твёрдых растворов с минимумами [1].

Солевые системы на основе иодида натрия, используются в качестве расплавляемых электролитов, в низкотемпературных батареях [2]. Для создания халькогенидного инфракрасного стекла [3] и нанокомпозитных полимерных смесевых электролитов [4]. Системы с солями натрия, входят в состав функционального материала для хранения тепловой энергии [5].

Солевые системы была исследована методом дифференциального термического анализа (ДТА). Скорость нагрева (охлаждения) образцов составляла 10 ^{0}С/мин. Масса навесок исходной смеси составляла 0,3 г. Исходные реактивы квалификации “х.ч.” и “ч.д.а.”, были предварительно обезвожены. Системы исследованы в интервале температур 500-750 ^{0}С.

Трехкомпонентная система NaI-Na_2CO_3-Na_2SO_4. Для определения координат проекции точки тройного минимума и её температуры плавления, был выбран политермический разрез в поле кристаллизации иодида натрия. В нем определена точка проекции состава минимума. Дальнейшие исследование нонвариантного разреза, соединяющего полюс кристаллизации NaI с проекцией минимума, был определен состав, отвечающей тройному минимуму.

Трехкомпонентная система NaI-NaBr-Na_2SO_4. В системе выбран и исследован политермический разрез, расположенный в поле кристаллизации сульфата натрия, что позволило найти соотношение компонентов в нонвариантной точке. Далее соединив, полюс кристаллизации с точкой проекции тройного минимума

на политермическом разрезе, построили нонвариантный разрез. Исследуя этот разрез, был получен состава с единственным термоэффектом на термограмме изучаемой смеси, что свидетельствует о нахождении нонвариантной точки.

Четырехкомпонентная система NaI-NaBr-Na_2CO_3-Na_2SO_4. Исходя из строения систем ограничения и расположения в них нонвариантных точек, стало ясно, что стандартным методом изучить систему, невозможно. Причиной этому стало наличие во всех ограняющих трёхкомпонентных системах, в качестве нонвариантных составов - тройных минимумов и наличие в солидусе системы всего двух объёмов кристаллизации, представленных твёрдыми растворами (рис. 1).

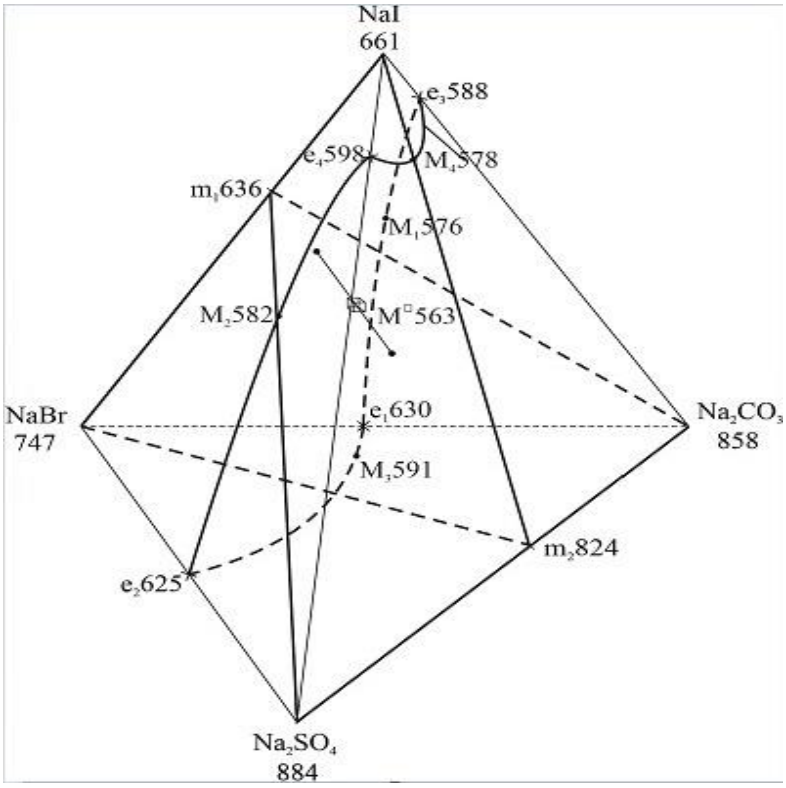


Рис. 1. Эскиз объема кристаллизации четырехкомпонентной системы

Для представления расположения поверхности разделяющей две фазы твердых растворов NaI_xBr_{1-x} и $Na_2(CO_3)_x(SO_4)_{1-x}$ были выбраны для исследования политермические сечения NaI-m_2-NaBr и Na_2CO_3-m_1-Na_2SO_4. В ходе эксперимента стало ясно, что точка минимальной температуры в четырехкомпонентной системе лежит на прямой соединяющие найденные проекции в политермических сечениях. Исследуя эту прямую, найдены характеристики точки четверного минимума.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках проектной части государственного задания № 0778-2020-0005

1. Делимарский Ю.К., Химия ионных расплавов, Наука думка, (1980)

2. Qing Gong, Wenjin Ding, Alexander Bonk, Haomiao Li, Kangli Wang, Adrian Jianu, Alfons Weisenburger, Andreas Bund, Thomas Bauer, Journal of Power Sources, Vol. 475, Article 228674, (2020)
3. Yeting Zhang, Qing Jiao, Baochen Ma, Changgui Lin, Xueyun Liu, Shixun Dai., Physica B: Condensed Matter, Vol. 570, P. 53-57, (2019).
4. Satyendra K., G.K. Prajapati, A.L. Saroj, P.N. Gupta., Physica B: Condensed Matter, Vol. 554, P. 158-164, (2019)
5. Raul Augustin Mitran, Daniel Lincu, Simona Ioniţă, Mihaela Deaconu, Victor Valentin Jerca, Oana Cătălina Mocioiu, Daniela Berger, Cristian Matei, Solar Energy Materials and Solar Cells, Vol. 218, Article 110760, (2020).

ПРОЦЕССЫ ГИДРАТАЦИИ В АКЦЕПТОРНО- И ДОНОРНО-ДОПИРОВАННЫХ ПРОТОННЫХ ПРОВОДНИКАХ НА ОСНОВЕ $BALAINO_4$

Галишева А.О.[1], Дмитриева А.А.[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: jelya95@gmail.com

HYDRATION PROCESSES IN ACCEPTOR- AND DONOR-DOPED PROTONIC CONDUCTORS BASED ON $BALAINO_4$

Galisheva A.O.[1], Dmitrieva A.A.[1], Tarasova N.A.[1], Animitsa I.E.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We focused on the effect of the type of doping and of the concentration of dopant to the hydration processes of $BaLaInO_4$. The structure of the solid solutions $BaLa_{1-x}Ba_xInO_{4-0.5x}$ and $BaLaIn_{1-x}Ti_xO_{4+0.5x}$, their hydration processes, the nature of protonic species in the structure were examined.

В области исследований материаловедов на сегодняшний день актуальным является поиск эффективных, экологичных и дешевых источников энергии. Среди прочих активный интерес ученых вызывает разработка и внедрение источников энергии на водородном топливе, например, твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ). Применение протон-проводящего электролита в ТОТЭ позволяется снизить рабочие температуры с 1000°С до 500-700°С, по сравнению с традиционным кислород-проводящим ТОТЭ, но сохранить его рабочие характеристики.

Широко изученными протонными проводниками являются сложные оксиды со структурой перовскита или производной от неё. Наличие кислородных вакансий в таких структурах способствует интеркаляции молекул воды и проявлению

протонного переноса. Однако такие соединения обладают существенными недостатками, ограничивающими их практическое использование. Ранее соединения со структурой Раддлесдена-Поппера изучались только как кислородно-ионные проводники. Однако в последние годы была показана возможность транспорта протонов в таких соединениях, в том числе в соединениях на основе $BaLaInO_4$ [1]. При этом фундаментальные соотношения протонного переноса, такие как влияние типа допирования (донорное и акцепторное) на процессы гидратации, до сих пор не установлены.

В настоящей работе были получены сложные оксиды составов $BaLa_{1-x}Ba_xInO_{4-0.5x}$ и $BaLaIn_{1-x}Ti_xO_{4+0.5x}$ и проведена их рентгенофазовая аттестация. Методом термогравиметрии изучены процессы гидратации полученных соединений. С помощью ИК-спектроскопии установлена природа протонных частиц в структуре. Обсуждено влияние типа допирования и концентрации допанта на процессы гидратации $BaLaInO_4$.

1. N. Tarasova, I. Animitsa, A. Galisheva, V. Pryakhina, Solid State Sciences 101 (2020) 106121.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК TI И ZR НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА Al-4%Cu

Гилёв И.О.[1], Котенков П.В.[1], Концевой Ю.В.[1], Шубин А.Б.[1]

[1)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: i.o.gilev@yandex.ru

EFFECT OF TI AND ZR ADDITIONS ON THE STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE Al-4%Cu ALLOY

Gilev I.O.[1], Kotenkov P.V.[1], Kontsevoy Yu.V.[1], Shubin A.B.[1]

[1)] Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The effect of small Ti and Zr additions on the evolution of the macrostructure and mechanical properties of the Al-4%Cu alloy after deformation and heat treatment has been studied. The advantage of using complex additions (Ti+Zr) in restraining recrystallization processes of Al-Cu alloys is shown.

Алюминиевые сплавы, легированные медью, цинком, магнием и кремнием составляют основу деформируемых металлических материалов на основе алюминия. Для повышения качества сплавов необходимо совершенствовать их микроструктуру, управление которой может осуществляться путем введения в расплав лигатур на основе алюминия с переходными элементами. Введение в их рас-

плав от сотых до десятых долей процента ПМ (Sc, Ti, Zr, Hf и др.) способно обеспечить существенное улучшение физико-химических и механических свойств алюминия [1]. В процессе кристаллизации происходит выделение первичных алюминидов Al_3(ПМ), что приводит к измельчению зерна алюминиевых сплавов [2]. В процессе термической обработки при распаде пересыщенных ПМ твердых растворов алюминия происходит выделение большой объемной доли вторичных алюминидов, что обеспечивает повышение прочности и сдерживание процессов рекристаллизации [3].

Так, скандий в значительной степени повышает температуру рекристаллизации алюминиевых сплавов, однако его применение ограничено высокой стоимостью [4]. Добавки Ti и Zr в алюминиевые сплавы, также как и скандий, способны обеспечить сохранение стабильной нерекристаллизованной структуры вплоть до высоких температур [5].

В данной работе рассмотрено раздельное и совместное влияние малых добавок титана и циркония на структуру и механические свойства сплава Al–4%Cu (здесь и далее в мас. %).

Для приготовления модельного сплава Al–4%Cu с малыми добавками одного или двух ПМ (Ti, Zr), использовали: алюминий марки А85, медь М00, лигатуры Al–3%Ti, Al–2%Zr промышленного производства и опытную лигатуру Al–1.21%Zr–0.83%Ti. Выплавку проводили в шахтной электропечи в корундовых тиглях в атмосфере аргона при температуре 720-740°C. Синтезированный сплав нагревали до температуры 535°C, производили изотермическую выдержку в течение 10 часов, калили на воду и подвергали холодной прокатке со степенью деформации 70%. Деформированные образцы разрезали на части и отжигали при температурах 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 530°C с выдержкой при каждой температуре 1 час и охлаждением в воде. После каждой стадии термической обработки проводилось измерение микротвердости и изучение микроструктуры, что позволило оценить влияние малых добавок ПМ на изменение структурных и прочностных характеристик сплавов в процессе рекристаллизации.

Показано, что добавки титана и/или циркония повышают температуру начала рекристаллизации сплава Al–4%Cu на 50-150°C. Структура сплавов, модифицированных Zr (0.18 масс.%) либо комплексной добавкой Ti+Zr (0,256-0,37 масс.%), полностью не рекристаллизуется вплоть до 530°C. Вследствие холодной деформации происходит рост микротвердости деформированных зерен, при этом наибольшие значения наблюдаются при использовании именно комплексных добавок, что показывает перспективность их применения при легировании алюминиево-медных сплавов.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМЕТ УрО РАН с использованием оборудования ЦКП «Урал-М».

1. Popova E., Kotenkov P., Shubin A., Gilev I. Metals and Materials International, 26(10), 1515-1523, (2020).

2. Hyde K.B., Norman A.F. Prangnell P.B. Materials Science Forum, 396–402, 39–44, (2009).
3. Jones M., Humphreys F. Acta Materialia, 51(8), 2149-2159, (2003).
4. Li Y., Du X., Zhang Y., Zhang Z., Fu J., Zhou S., Wu Y. Applied Physics A: Materials Science and Processing, 124(2), 144, (2018).
5. Knipling K.E., Dunand D.C., Seidman D.N. Acta Materialia, 56, 114–127, (2008).

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРЕТНОГО ЭФФЕКТА НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БУМАЖНЫХ ОБЕЗЗОЛЕННЫХ ФИЛЬТРОВ

Гильфанова С.В.[1], Галиханов М.Ф.[1], Галеева Л.Р.[1]

[1)] Казанский национальный исследовательский технологический университет, Россия
E-mail: svetlana-volkova-1994@mail.ru

THE ELECTRET EFFECT INFLUENCE ON THE GEOMETRIC PROPERTIES OF PAPER DEASINED FILTERS

Gilfanova S.V.[1], Galikhanov M.F.[1], Galeeva L.R.[1]

[1)] Kazan national research technological university, Kazan, Russia

The effect of a constant corona discharge on the geometric properties of deasined paper filters is shown. It was found that giving the samples an electret state increased porosity and air permeability.

Важным геометрическим показателем фильтровальной бумаги является воздухопроницаемость, под которой понимают ее способность пропускать воздух. Воздушный поток проходит через поры бумажного фильтра, поэтому воздухопроницаемость зависит от структурных характеристик материала, определяющих его пористость. Пористость обеспечивает проницаемость жидкости или газа через материал и представляет собой отношение объема пор к общему объему бумаги. Известно, что чем меньше размер пор в фильтровальной бумаге, тем более мелкие частицы сможет задержать фильтр [1]. Одним из способов повышения качества бумажных фильтров является их перевод в электретное состояние [2].

Целью данной работы является изучение влияния электретирования на пористость и воздухопроницаемость бумажных фильтров.

Объектами исследования были выбраны обеззоленные фильтры «Синяя лента» и «Черная лента». Электретирование образцов осуществлялось в унипо-лярном коронном разряде.

По результатам исследований наблюдался спад заряда по истечению времени. Далее было выявлено, что для обеззоленных фильтров «Черная лента» пропускная способность в два раза выше, чем у образцов «Синяя лента». При электретировании обеззоленных фильтров «Синяя лента» и «Черная лента» их пористость увеличилась на 6%, что можно объяснить возрастанием удельной поверхности

волокон. Применительно к обеззоленным бумажным фильтрам можно говорить о травлении ее поверхности, во время действия униполярного коронного разряда результатом которого является рост шероховатости поверхности бумаги.

По результатам испытаний сделан вывод, что с помощью электретного эффекта можно изменить геометрические свойства бумажных обеззоленных фильтров.

1. Иванов, С.Н.,Технология бумаги, Изд. 3-е, Школа бумаги, 696 с., (2006)
2. Perepelkina A.A., Effect of unipolar corona discharges of pulp-and-paper materials, Surface engineering and applied electrochemistry, 51, 2, 138-142, (2015)

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ОКСИДОВ $Sm_{0.4}Ba_{0.6}Fe_{1-X}Me_XO_{3-\Delta}$ (Me = Ni, Co, Cu; X=0– 0.3)

Головачев И.Б.[1], Немченко В.А.[1], Трушников А.А.[1], Килина А.А.[1], Мычинко М.Ю.[1], Волкова Н.Е.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента

E-mail: ib.golovachev@urfu.ru

INVESTIGATION OF CRYSTAL STRUCTURE AND PROPERTIES OF $Sm_{0.4}Ba_{0.6}Fe_{1-X}Me_XO_{3-\Delta}$ (Me = Ni, Co, Cu; X=0– 0.3) PEROVSKITE-TYPE OXIDES

Golovachev I.B.[1], Nemchenko V.A.[1], Trushnikov A.A.[1], Kilina A.A.[1], Mychinko M.Yu.[1], Volkova N.E.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This work is devoted to investigation of crystal structure and common physical and chemical properties of Fe-based perovskite-like complex oxides.

Исследование перовскитоподобных фаз состава $A_{1-x}A'_xB_{1-y}B'_yO_{3-\delta}$ (где A – лантаноид, частично замещенный щелочно-земельным металлом A', а B и B'-атомы 3d-металла) является одной из наиболее перспективных задач современной химии. Данные сложные оксиды могут использоваться в качестве кислородных мембран, электродов топливных элементов и т.д. Поэтому, целью данной работы является исследование кристаллической структуры, кислородной нестехиометрии и электротранспортных свойств перовскитоподобных оксидов общего состава $Sm_{0.4}Ba_{0.6}Fe_{1-x}Me_xO_{3-\delta}$ (Me = Ni, Co, Cu; x=0 – 0.3) в зависимости от температуры на воздухе.

Образцы общего состава $Sm_{0.4}Ba_{0.6}Fe_{1-x}Me_xO_{3-\delta}$ (Me = Ni, Co, Cu; x=0 – 0.3) были синтезированы по глицерин-нитратной технологии. Отжиг образцов проводился при температуре 1000-1100°C на воздухе в течение 120 часов с про-ме-

жуточными перетираниями и с последующим медленным охлаждением до комнатной температуры. Фазовый состав полученных оксидов контролировали рентгенографически. По результатам рентгенофазового анализа установлено, что кобальт замещенные твердые растворы являются однофазными во всем интервале составов, а образцы $Sm_{0.4}Ba_{0.6}Fe_{1-x}Me_xO_{3-\delta}$ (Me = Ni, Cu) при x = 0.1. Кристаллическая структура всех однофазных оксидов была описана в рамках кубической элементарной ячейки (пр. гр. Pm3m).

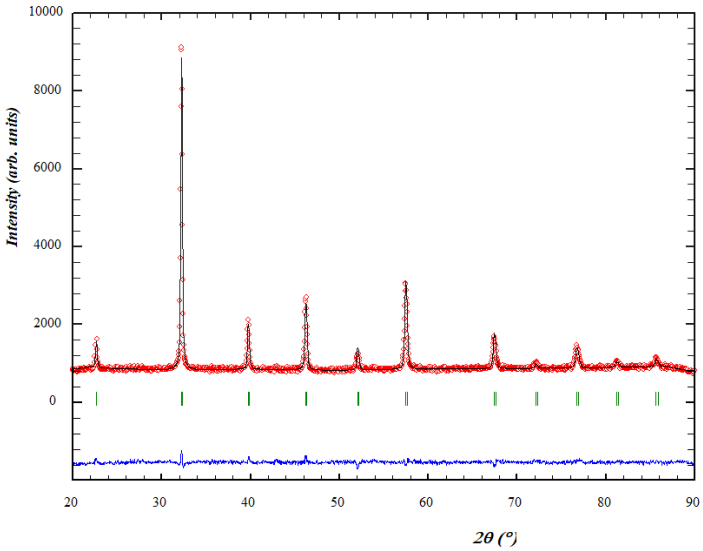


Рис. 1. Дифрактограмма образца $Sm_{0.4}Ba_{0.6}Fe_{0.8}Ni_{0.2}O_{3-\delta}$ обработанная по методу полнопрофильного анализа

Содержание кислорода в $Sm_{0.4}Ba_{0.6}Fe_{1-x}Me_xO_{3-\delta}$ (Me = Ni, Co, Cu; x=0 – 0.3), определяли методом йодометрического титрования. Показано, что увеличение концентрации кобальта в оксидах приводит к уменьшению содержания кислорода (3-δ), что связано с меньшей степенью окисления ионов кобальта по сравнению с ионами железа. Температурные зависимости содержания кислорода всех образцов были определены методом термогравиметрического анализа. Из полученных данных были рассчитаны зависимости средней степени окисления 3d-металлов от температуры. Зависимости относительного линейного расширения сложных оксидов от температуры были измерены на дилатометре Netzsch DIL 402C в интервале температур 25–1000 ◦C на воздухе. Из полученных данных были рассчитаны коэффициенты термического расширения (КТР) всех однофазных твердых растворов $Sm_{0.4}Ba_{0.6}Fe_{1-x}Me_xO_{3-\delta}$. Электротранспортные свойства оксидов изучали с помощью 4-контактного метода в зависимости от температуры.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-33-00822 мол_а

1. Kim Y. N., Kim J. H., Manthiram A. J. of Power Sources. V. 195, № 19. 6411–6419 (2010).

ПРОТОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ В НОВОМ СЛОЖНОМ ОКСИДЕ $La_2BaIn_{1.9}Zr_{0.1}O_{7.05}$

Иванова 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: ivanova-nastya-2000@mail.ru

PROTONIC CONDUCTIVITY IN THE NEW COMPLEX OXIDE $La_2BaIn_{1.9}Zr_{0.1}O_{7.05}$

Ivanova A.A.[1], Galisheva A.O.[1], Tarasova N.A.[1], Animitsa I.E.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The complex oxide $La_2BaIn_{1.9}Zr_{0.1}O_{7.05}$ was synthesized using the solid-state method. The protonic conductivity was measured at T and pH_2O variation.

На сегодняшний день, активно изучаются материалы, способные к транспорту протонов в области средних температур (300 − 700 ºС), поскольку они могут быть использованы в качестве электролита твердооксидных топливных элементов. Большинство из известных протонных проводников обладают структурой перовскита или производной от нее. Возможность переноса протона в таких соединениях обусловлена присутствием в их структуре вакансий кислорода. Однако, концентрация протонов определяется концентрацией вакансий и не превышает 10 − 15 мольных % на формульную единицу перовскита ABO3. Соответственно, поиск и исследование соединений, способных к поглощению бóльших концентраций протонов, является актуальной задачей.

В последние годы появились работы, описывающие соединения AA′BO4 (BaLaInO4) с блочно-слоевой структурой Раддлесдена-Поппера как перспективные протонные проводники [1, 2]. Показано, что данное соединение способно к диссоциативному поглощению паров воды из газовой фазы при гидратации в отсутствие в структуре вакансий кислорода вследствие встраивания гидроксогрупп в оксидные слои [Ba,La−O]. Также было показано, что значимое повышение значений протонной проводимости может быть достигнуто при допировании катионных подрешеток.

Удвоение перовскитного блока в блочно-слоевой структуре $BaLaInO_4$ приводит к образованию фазы $La_2BaIn_2O_7$, также способной к протонному переносу. В настоящей работе путем замещения атомов индия атомами титана в $La_2BaIn_2O_7$ получен образец состава $La_2BaIn_{1.9}Zr_{0.1}O_{7.05}$, изучены его структура и электрические свойства.

1. Tarasova N., Animitsa I., Galisheva A., J. Solid State Electrochem., 24, 1497 (2020).
2. Tarasova N., Galisheva A., Animitsa I., Ionics, 26, 5075 (2020).

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АМГ5, ЛЕГИРОВАННОГО ЭРБИЕМ

Кахидзе Н.И.[1], Платов В.В.[1], Хрусталёв А.П.[1], Жуков И.А.[1]

[1)] Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Российская федерация

E-mail: nick200069@yandex.ru

STUDY OF THE STRUCTURE AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE 1550 ALUMINUM ALLOY DOPED WITH ERBIUM

Kakhidze N.I.[1], Platov V.V.[1], Khrustalyov A.P.[1], Zhukov I.A.[1]

[1)] National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

Presents the results of studying the structure and mechanical properties of the alloy 1550 doped with Er. A decrease in porosity and refinement of the average grain size during ultrasonic treatment were revealed. An increase in the mechanical characteristics of the alloy 1550 with erbium is noted.

В промышленности актуальной задачей остаётся повышение механических характеристик алюминиевых сплавов [1, 2]. В данном направлении хорошо зарекомендовал себя скандий, как легирующий компонент при получении алюминиевых сплавов методом литья [3]. В связи с высокой себестоимостью скандия актуален поиск более доступного легирующего компонента. Целью данной работы было исследование влияния эрбия на структуру и механические свойства алюминиево-магниевого сплава АМг5.

Получение сплавов для исследования было аналогично, как в работе [4]. Температура плавления эрбия 1529 °С, что более чем в 2 раза выше температуры плавления алюминия, исходя из чего, рационально вводить Er в составе лигатуры [5]. Лигатуры были получены методом гидрирования редкоземельных металлов. Для снятия литейных напряжений была проведена термообработка полученных сплавов. Исследования микроструктуры проводились на металлографическом оптическом микроскопе Olympus GX-71; твердость на твердомере Duramin-500 A75; испытания на растяжение плоских образцов в квазистатической области на разрывном испытательном стенде Instron 3369. Деформационная обработка полученных сплавов проводилась методом продольной прокатки на лабораторном прокатном стане.

Согласно проведённым исследованиям микроструктуры, у сплавов, обработанных ультразвуком, наблюдалось снижение пористости, а также измельчение среднего размера зерна с 250 до 205 мкм. Установлено, что ультразвуковая обработка, термообработка и введение эрбия слабо влияет на значения твердости

сплава АМг5, которые варьируются в районе 60 HB. Выявлено, что при добавлении эрбия в сплав АМг5 с ультразвуковой обработкой можно повысить его предел прочности со 170 до 204 МПа и значение максимальных деформаций с 15 до 21 %, предел текучести сохраняет свои показатели в 64 МПа. При деформационной обработке полученных сплавов при комнатной температуре в образцах возникает магистральная трещина, чего можно избежать, начиная деформационную обработку при температуре 300 °C.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-79-00060)

1. Данилов П. А., Хрусталёв А. П., Ворожцов А. Б., и др., Вестник ТГУ. Математика и механика., № 55, С. 84–98 (2018).
2. Платов В. В., Кахидзе Н. И., Жуков И. А., ПРФН : Сборник трудов конференции, Т. 2., С. 146–148 (2020).
3. Zhukov I. A., Kozulin A. A., Khrustalyov A. P. et al., Metals, № 9, pp. 1199 (2019).
4. Khrustalyov A. P, Kozulin A. A, Zhukov I. A. et al., Metals, № 9, pp. 1030 (2019).
5. Karnesky R. A., Dunand D. C., Seidman D. N., Acta Materialia, № 57, P. 4022–4031 (2009).

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ТРОЙНЫХ АЛЮМО-МЕДНО-МАГНИЕВЫХ КОМПОЗИТОВ

Калонов А.А.[1], Кругликов Н.А.[1, 2], Волков А.Ю.[1]

[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 TRIPLE ALUMINUM-COPPER-MAGNESIUM COMPOSITES

Kalonov A.A.[1], Kruglikov N.A.[1, 2], Volkov A.Yu.[1]

[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Ternary composites based on Al, Cu and Mg were obtained by hydrostatic extrusion. To analyze the influence of the interfaces, composites with different layer sequences were studied. The microstructure, mechanical and electrical properties of composites were investigated.

Медь, алюминий и сплавы на их основе активно применяются в качестве проводников электрического тока. Повышение прочностных свойств проводников – важная научно-практическая задача. К примеру, создание композитных материалов на основе медной или алюминиевой матрицы позволит повысить их физико-механические свойства. Полученные нами ранее Cu/Mg-композиты подтвердили правильность такого подхода: они имеют повышенную прочность и электропроводность [1]. Цель данной работы – получение и изучение прочностных и электрических свойств тройных композитов с разным чередованием слоев алюминия, меди и магния.

Методом гидроэкструзии на лабораторной установке высокого давления было изготовлено два композитных образца. Для изготовления первого композита был взят пруток из алюминиевого сплава АМг2 диаметром 18 мм, в торце которого по окружности радиусом 5.5 мм было просверлено 6 отверстий диаметром 3 мм и одно отверстие в центре. В каждое из семи отверстий поместили по прутку Cu/Mg-композита Ø3 мм [2]. Этот образец, состоящий из Al-матрицы и семи Cu/Mg волокон внутри нее, далее будем называть: Al/Cu/Mg-композит. Для изготовления второго композита в медный контейнер (с внешним и внутренним диаметрами 21.5 мм и 12.0 мм, соответственно) было загружено 420 отрезков проволоки Ø0,5 мм из бинарного композита, в Al-матрице которого содержится 7 Mg-волокон [3]. Внешний вид полученной сборки до экструзии приведен на рис.1а, б. Этот образец, состоящий из Cu-оболочки, в которой находится Al-матрица с 2940 тонких Mg-волокон, будем называть: Cu/Al/Mg-композит. Таким образом, в работе были получены и изучены два вида композитов, которые отличаются последовательностью чередования слоев.

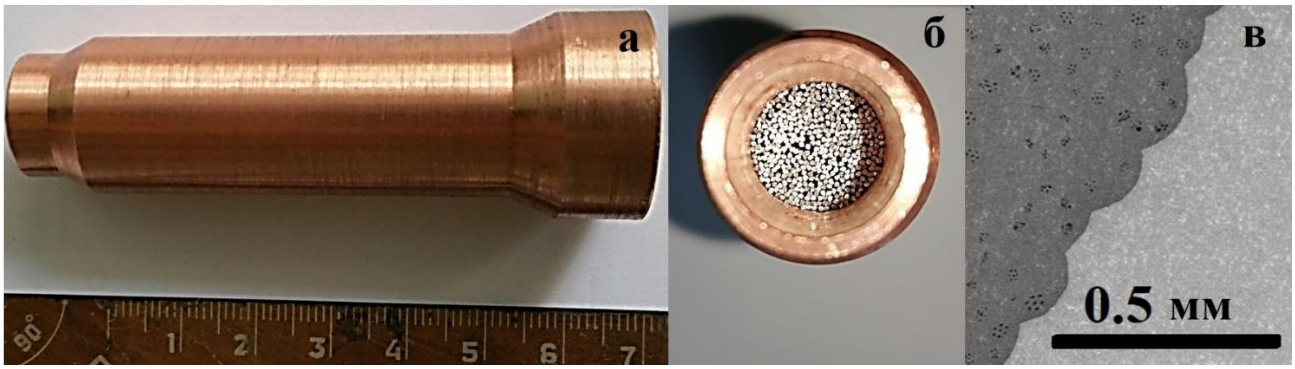


Рис. 1. Внешний вид заготовки Cu/Al/Mg-композита в продольном (а) и поперечном (б) направлениях, а также микроструктура этого композита (в).

Гидроэкструзию проводили при комнатной температуре через матрицы диаметром 10, 6 и 3мм. Дальнейшая деформация от Ø3 мм до тонких проволок Ø1.5 мм (образцы для механических испытаний) и Ø0,25 мм (образцы для резистометрических исследований) проводилась методом волочения. Промежуточные отжиги при проводились при 325 °С в течение 2 ч.

По результатам рентгеноструктурного анализа и измерения микротвердости установлено, что в процессе деформации на интерфейсах компонентов композитов идут твердотельные реакции. Обнаружено, что на границах Mg-волокон происходит активное перемешивание компонентов из-за различия в деформационных механизмах магния с ГПУ-решеткой и алюминия (или меди) с ГЦК-решеткой. По сравнению с Cu/Al/Mg, Al/Cu/Mg-композит имеет пониженную термическую устойчивость: на интерфейсе Al/Cu образуется легкоплавкая эвтектика, поэтому нагрев выше 450°С приводит к нарушению его целостности. Установлено, что Cu/Al/Mg-композит имеет более низкое удельное сопротивление ($\rho_{Cu/Al/Mg} = 2.45*10^{-8}$ Ом*м и $\rho_{Al/Cu/Mg} = 3.83*10^{-8}$ Ом*м) и несколько более высокие прочностные свойства ($\sigma^{0.2}_{Cu/Al/Mg} = 390$ МПа и $\sigma^{0.2}_{Al/Cu/Mg} = 277$ МПа). Результаты проведенного исследования представляют практический интерес.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-33-90005

1. 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 & Design, 185, 108276 (2020).
2. А.Ю.Волков, А.А.Калонов, Д.А.Комкова, А.В.Глухов, ФММ 119, 10 (2018).
3. A. Kalonov, A. Glukhov, A. Volkov, Procedia Manufacturing 50, 800 (2020).

СОРБЦИЯ ХРОМА (VI) НА МЕХАНОАКТИВИРОВАННОМ ГРАФИТЕ

Печищева Н.В.[1], Хачина И.В.[1, 2], Ким А.В.[1, 2], Эстемирова С.Х.[1, 2], Скрыльник М.Ю.[1, 2]

[1)] Институт металлургии Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: pechischeva@gmail.com

ADSORPTION OF CHROMIUM(VI) ON MECHANICALLY ACTIVATED GRAPHITE

Pechishcheva N.V.[1], Khachina I.V.[1, 2], Kim A.V.[1, 2], Estemirova S. Kh.[1, 2], Skrylnik M.Yu.[1, 2]

[1)] Institute of Metallurgy of the Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The adsorption efficiency of Cr (VI) by mechanically activated graphite was studied as a function of pH, sorbent dose and time. The sorbent removes Cr (VI) from water more effectively than mechanically activated rutile. Its sorption capacity is higher; less time and less sorbent dose are required.

Сточные воды, образующиеся в результате промышленной деятельности – основной источник ионов хрома (VI) в поверхностных водах суши. Хром (VI) является канцерогеном и экотоксикантом, его максимально допустимая концентрация (ПДК) в воде довольно низка - 0.05 мг/л. Разработка недорогих и эффективных методов удаления хрома (VI) из воды является актуальной задачей.

В настоящей работе проведено сравнение сорбционных свойств двух наноструктурированных сорбентов - спектрально чистого графита и рутила -полученных путем механоактивации в высокоэнергетической планетарной мельнице - по отношению к хрому (VI. Способность рутила после механоактивации удалять хром (VI) из водных растворов была установлена нами ранее [1], механоактивированный графит (методика получения и характеристики приведены в [2]) показал еще большую эффективность. Так, для удаления 98-99 % ионов хрома (VI) из его растворов с концентрацией 50 мг/л при использовании рутила необходимы условия: освещение ультрафиолетом в течении 3 часов и концентрация сорбента 16.7 г/л, оптимальная среда – ацетатный буфер с pH 5. Максимальная теоретическая емкость (согласно модели Ленгмюра) - 3.8 мг хрома на 1 г сорбента. Для удаления аналогичного количества хрома с помощью механоактивированного графита из таких же растворов требуется меньшее количество времени – 1 час, нагревание до 85 ºС и меньшая концентрация сорбента - 6.7 г/л, оптимальная среда - ацетатный буфер с pH 6.3. Максимальная емкость при этом больше, чем у рутила - 37 мг хрома на 1 г сорбента.

Исследована возможность использования сорбентов для концентрирования хрома (VI) перед его определением в воде на уровне ПДК и ниже спектроскопическими методами.

Работа выполнена по Государственному заданию ИМЕТ УрО РАН в рамках Программы фундаментальных исследований государственных академий по теме 0396-2019-0001

1. О. В. Мельчакова, Н. В. Печищева и А. Д. Коробицына, Цветные металлы 1, 32-39, (2019).
2. Н. В. Печищева, С. Х. Эстемирова, Г. А. Кожина, К. Ю. Шуняев и М. Ю. Скрыльник, Бутлеровские сообщения 44, № 11, 49-54 (2015).

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИ СВОЙСТВ КЕРАМИКИ

Хорошавцева Н.В[1], Султанова Д.Т[1], Зебзеева А.А.[1], Митюшова Ю.А.[1], Денисова Э.И.[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

Khoroshavtseva N.V.[1], Sultanova D.T.[1], Zebzeeva A.A[1], Mitusova Y.A.[1], Denisov E.I.[1], Denisov O.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Powders of the composition ZrO_2-4 mol. %Y_2O_3-4 mol.% Sc_2O_3 was produced in various ways to measure the density, hardness, and electrical conductivity of ceramic samples based on them.

Свойства керамики зависят от самых различных свойств исходных порошков, в том числе от их химического, фазового и гранулометрического состава. Поскольку эти характеристики определяют плотность, твердость, теплопередающие и электропроводящие свойства материалов.

Предметом исследований были порошки одинакового химического состава ZrO_2-4мол. %Y_2O_3-4 мол.% Sc_2O_3. Чтобы исследовать, каким образом морфология порошков оказывает влияние на свойства керамики, порошки получали разными способами. Для порошка № 1 использовали аммиачное осаждение из азотнокислых растворов с последующим гранулированием, для порошка № 2 - метод нитрат-органического синтеза. Порошок № 3 представлял собой композицию,

для получения которой реакцию нитрат-органического синтеза проводили из реакционной смеси в присутствии порошка № 1, полученного ранее аммиачным осаждением.

Желательно было, чтобы порошок № 1 состоял из крупных пористых микрогранул. Для этого соосажденные гидроксидов гранулировали путем замораживания. Для формирования кристаллической структуры порошок № 1 прокаливали в течение 1 часа при 900 °С. Как показали результаты гранулометрического анализа, 76 % составляла порошковая фракция до 50 мкм, на частицы от 50 до 70 мкм приходилось 16 % и 8 % - доля частиц от 70 и до 200 мкм. Порошок № 2 требовалось получить с наименьшим размером частиц. Для этого и был выбран метод нитрат-органического сжигания растворов, используемый при получении наноструктурированных порошков. Но, исходя из опыта известно, что подобные порошки очень плохо прессуются. Поэтому для укрупнения частиц порошок прокаливали в течение 5 часов при 900 °С. Такая термообработка способствовала также формированию кристаллической структуры и удалению остатков несгоревшего углерода. С такой же целью проводили аналогичную термическую обработку и для порошковой композиции № 3. Диапазон крупности частиц порошка № 2 были значительно уже, а их размеры меньше: фракция 0-5 мкм составляла 11 %, фракции 50-70 и 70-200 мкм соответственно 59 и 30 %. Для порошковой композиции № 3 гранулометрический состав был примерно следующим: 66 % - фракция 0-50 мкм, 19 % - фракция 50-70 мкм и 15 % - фракция 70-200 мкм.

Из порошков в стальной цилиндрической пресс-форме при давлении 245 МПа были спрессованы таблетки, которые обожгли в воздушной атмосфере при температуре 1650 °С по режиму: нагрев до заданной температуры - выдержка в течение 6 часов - охлаждение со скоростью нагрева.

Рентгенофазовый анализ показал, что кристаллическая структура порошков и таблеток почти на 100 % была кубической.

Керамические образцы предназначены для дальнейшего измерения плотности, твердости и электропроводности.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ГЕТЕРОФАЗНЫХ ОБРАЗЦОВ В СИСТЕМЕ НА ОСНОВЕ Al-СТАБИЛИЗИРОВАНОГО ИНДАТА БАРИЯ

Христова М.О.[1], Алябышева И.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: khhhristova@yandex.ru

OBTAINING AND STUDYING PROPERTIES HETEROPHASE SAMPLES IN A SYSTEM BASED ON Al-STABILIZED BARIUM INDATE

Khristova M.O.[1], Alyabysheva I.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Samples were obtained in the (1-x)$Ba_2In_{1.57}Al_{0.43}O_5$ · xBa_2InAlO_5. A small increase in electrical conductivity is observed for composites in a dry atmosphere treated above the eutectic temperature and this increase is 0.5 orders of magnitude at 500C. This can be interpreted as a composite effect.

В работе исследованы композиты на основе сложнооксидых фаз, обладающих высокотемпературной протонной проводимостью. Поиск и разработка данных фаз в настоящее время является одним из приоритетных направлений развития материаловедения. 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.

В настоящей работе на основе комплексного физико-химического анализа изучены фазы $Ba_2In_{1.57}Al_{0.43}O_5$, Ba_2InAlO_5. Твердофазным методом получены композиционные твердые электролиты (1-x)$Ba_2In_{1.57}Al_{0.43}O_5$ · xBa_2InAlO_5 при x = 0.04; 0.12; 0.2; 0.3; 0.48; 0.7; 0.83. Фазовый состав подтвержден методом РФА. Установлено, что между компонентами гетерофазной системы наблюдается эвтектическое взаимодействие.

Методом термогравиметрии установлено, что композиционные образцы способны внедрять H_2O, но степень гидратации в два раза меньше теоретически возможной.

Для изучения микроструктуры композиционные образцы системы (1-x)$Ba_2In_{1.57}Al_{0.43}O_5$ · xBa_2InAlO_5 были исследованы методом сканирующей электронной микроскопии. Установлено, что при обработке выше температуры эвтектики системы одна фаза прорастает внутри другой, отдельных зерен не наблюдается.

Электрические свойства композиционных образцов исследовали методом импедансной спектроскопии. Обработка керамики выше температуры эвтектики си-

стемы приводит к увеличению общей электропроводности на 0.5 порядка величины в широком интервале температур, это можно интерпретировать как композиционный эффект. При большом содержании фазы Ba_2InAlO_5 (82 мол%) наблюдается снижение проводимости, что обусловлено блокированием путей проводимости низкопроводящей фазой. Измерения от pO_2 проводили с целью дифференциации общей электропроводности образцов на парциальные вклады ионной и электронной проводимости. Установлено, что проводимость образцов в сухой атмосфере смешанная кислород-дырочная, а во влажной ниже 600ºС преимущественно протонная. Даже в сухой атмосфере в проводимости композита присутствует вклад протонной проводимости, что является причиной роста проводимости данных композитов по сравнению с проводимостью исходного твердого раствора $Ba_2In_{1.57}Al_{0.43}O_5$.

1. Спесивцева И. В. Твердые растворы Ba2(In1–xAlx)2O5: эволюция структуры и процессы гидратации / Спесивцева, И. В, Кочетова, Н. А., Горбунова, Е. М., Анимица И. Е. // Журнал физической химии. – 2011. – Т.85. - №10. – С.1816.

КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НИОБАТОВ ЛАНТАНОИДОВ, ЛЕГИРОВАННЫХ ИОНАМИ Bi^{3+}

Кисабекова А.А.[1, 2], Даулетбекова А.К.[1]

[1)] Евразийский национальный университет имени Л.Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан

[2)] Институт физики, Тартуский университет, г. Тарту, Эстония

E-mail: akisabekova5@mail.ru

CATHODOLUMINESCENT CHARACTERISTICS OF LANTHANIDE NIOBATES DOPED WITH Bi^{3+} IONS

Kissabekova A.[1, 2], Dauletbekova A.[1]

[1)] L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

[2)] Institute of Physics, University of Tartu, Tartu, Estonia

Bismuth-doped lanthanide niobates $YNbO_4$:Bi, $LuNbO_4$:Bi, $GdNbO_4$:Bi were studied by cathodoluminescence spectroscopy at various temperatures.

О люминесцентных характеристиках ниобатов лантаноидов, допированных Bi^{3+}, сообщалось около 50 лет назад [1]. Интерес к этим материалам недавно возобновился, поскольку нелегированные и легированные Bi^{3+} ниобаты рассматривались как потенциальные кандидаты для многочисленных технологических приложений. Действительно, помимо интенсивной видимой люминесценции, эти материалы обладают высокой диэлектрической проницаемостью, низкими фононными частотами, хорошими фотоупругими и нелинейно-оптическими

свойствами, а также отличной химической, механической и термической стабильностью. В связи с этим $YNbO_4$:Bi и $GdNbO_4$:Bi были предложены в качестве потенциальных синих люминофоров для полевых эмиссионных дисплеев, в то время как $YNbO_4$ и $GdNbO_4$ легированные совместно ионами Bi^{3+} и различными редкоземельными ионами (например, Tm^{3+}, Dy^{3+}, Yb^{3+}, Eu^{3+}, Nd^{3+}) оказались подходящими для белых светодиодов или солнечных элементов. До настоящего времени характеристики катодолюминесценции ниобатов лантаноидов исследовались только при комнатной температуре и при возбуждении низкоэнергетическими электронами с энергией 17 кэВ [2,3], когда глубина проникновения электронного пучка в люминофор не превышала 400 нм. В этих экспериментах оба люминофора, $YNbO_4$:Bi и $GdNbO_4$:Bi, демонстрировали интенсивные и относительно широкие полосы излучения около ~ 2.8 эВ.

Целью настоящей работы является детальное исследование катодолюминесцентных характеристик микрокристаллических порошков (Y,Lu,Gd)NbO_4, легированных Bi^{3+}, при импульсном электронном возбуждении ~ 100 кэВ с глубиной проникновения электронного пучка более 20 мкм, что снижает влияние поверхностных дефектов на люминесценцию [4]. Измерения с временным разрешением, включая спектры и кинетику затухания катодолюминесценции и, проводились в широком диапазоне температур, начиная с 5 К.

При низких температурах все люминофоры демонстрируют широкую полосу излучения в видимой области с максимумами около 2.7–3.0 эВ. По нашему мнению, эта полоса излучения представляет собой суперпозицию нескольких полос экситонной природы [5]. Кроме интенсивного видимого излучения, также наблюдается слабое сверхбыстрое излучение (<100 пс, предел наших измерений), охватывающее всю область прозрачности ниобатов. Подобно другим материалам [4], это излучение можно отнести к так называемой внутризонной люминесценции, обусловленной излучательной релаксацией горячих зонных носителей.

Полученные характеристики катодолюминесценции ниобатов сравнивались с характеристиками полученными ранее при фотовозбуждении тех же люминофоров [5].

1. G. Blasse, A. Bril, J. Chem. Phys. 48 (1968) 217-222; J. Lumin. 3 (1970) 109-131.
2. S.H. Shin, D.Y. Jeon, K.S. Suh, J. Appl. Phys. 90 (2001) 5986–5990.
3. X. Liu, J. Lin, J. Lumin. 122–123 (2007) 700–703.
4. S. Omelkov, V. Nagirnyi, S. Gundacker et al., J. Lumin. 198 (2018) 260−271.
5. M. Baran , A. Kissabekova, A. Krasnikov et al., NIMB 463 (2020) 7-15.

СИНТЕЗ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШЕЕЛИТОПОДОБНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДОПИРОВАННОГО $SrMoO_4$

Климова А.В.[2], Михайловская З.А.[2], Буянова Е.С.[1], Петрова С.А.[3]

[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 Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: bbgiyongchy@gmail.com

SYNTHESIS AND OPTICAL PROPERTIES OF SCHEELITE-LIKE MATERIALS BASED ON DOPED $SrMoO_4$

Klimova A.V.[2], Mikhailovskaya Z.A.[2], Buyanova E.S.[1], Petrova S.A.[3]

[1)] Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia
[2)] The Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[3)] Institute of Metallurgy Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The present work is devoted to the study of processes of synthesis and determi-nation of the ranges of solid solutions based on SrMoO4 , substituted with bismuth and vanadium.The obtained samples were subjected to XRD analysis. Reflection spectra were obtained for single-phase samples.

В настоящее время материалы со структурой шеелита [1] широко применяются в технике, что обеспечивается полифункциональностью их свойств. Вещества со структурой тип шеелита являются перспективными материалами для создания лазеров, люминофоров, фотокатализаторов, СВЧ-диэлектриков и ионных проводников. В результате изменения химического состава допированием можно получить материалы с разнообразными функциональными характеристиками. В данной работе в качестве объектов исследования были выбраны замещенные висмутом и ванадием молибдаты стронция, имеющие структуру шеелита. При рассмотрении тройной системы $SrMoO_4$ -$Bi_2Mo_3O_{12}$ -$BiVO_4$ были выделены следующие серии твердых растворов: $Sr_{1-1.5x}Bi_x\square_{0.5x}MoO_4$, $Sr_{1-x}Bi_xMo_{1-x}V_xO_4$, $Bi_{1-x/3}V_{1-x}Mo_xO_4$ и $Sr_{1-y-1.5x}Bi_{x+y}Mo_{1-y}V_yO_4$. При изучении аниондефицитной системы $SrMoO_4$ -$Bi_2Mo_3O_{12}$ -$Sr_2V_2O_7$ обнаружены серии $Sr_{1-1.5x}Bi_x\square_{0.5x}MoO_4$, $SrMo_{1-x}V_xO_{4-d}$, $Bi_{2/3-2/3x}Sr_xMo_{1-x}V_xO_{4-d}$ и $Sr_{1-1.5x}Bi_x\square_{0.5x}Mo_{1-y}V_yO_{4-d}$. Образцы были синтезирваоны по стандартной керамической технологии путем гомогенизации и отжига в интервале температур 773–973 K. Полученные образцы были подвергнуты рентгенофазовому анализу с целью определения однофазности синтезированных ве-

ществ и установления области существования твердых растворов. Для однофазных образцов были получены спектры отражения, на основе которых методом Кубелки-Мунка вычислены значения ширины запрещенной зоны. Обнаружено, что для серий $Sr_{1-y-1.5x}Bi_{x+y}Mo_{1-y}V_yO_4$ и $Sr_{1-1.5x}Bi_{x\square 0.5x}Mo_{1-y}V_yO_{4-d}$ независимо от структуры наблюдается снижение величины Eg с возрастанием концентрации висмута и ванадия в составах , что благоприятно для создания перспективных фотохимических реакторов с полученными соединениями в качестве фотокатализаторов.

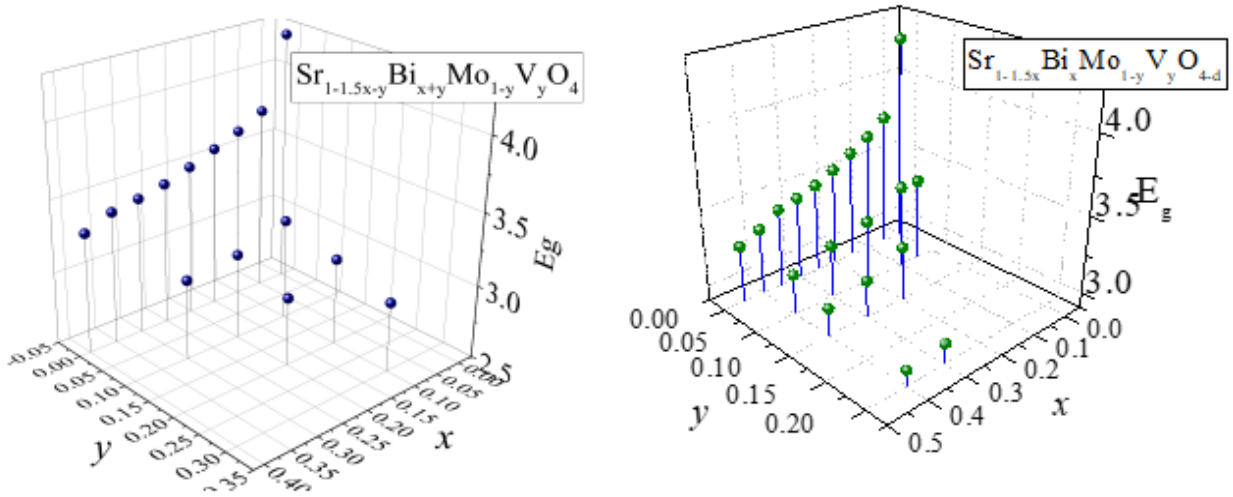


Рис. 1. Значения щели запрещенной зоны для серий $Sr_{1-y-1.5x}Bi_{x+y}Mo_{1-y}V_yO_4$ и $Sr_{1-1.5x}Bi_{x\square 0.5x}Mo_{1-y}V_yO_{4-d}$

Работа выполнена в рамках темы АААА-А19-119071090011-6 госзадания ИГТ УрО РАН

1. Mikhailik V. B., Kraus H., Miller G. et al., J. Appl. Phys., 97, 083523 (2005).

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕКСТУРНО-ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В АУСТЕНИТНЫХ ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ СТАЛЯХ МЕТОДАМИ МАГНИТНОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Кочнев А.В.[1], Ригмант М.Б.[1, 2], Казанцева Н.В.[1], Корх М.К.[1], Коэмец Ю.Н.[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

RESEARCH OF TEXTURE-PHASE TRANSFORMATION IN AUSTENITIC CHROMIUM-NICKEL STEELS BY MEANS OF MAGNETIC NON-DESTRUCTIVE TESTING

Kochnev A.V.[1], Rigmant M.B.[1, 2], Kazantseva N.V.[1], Korkh M.K.[1], Koemets Y.N.[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

Research of samples made of austenitic steels with deformation-induced martensite is performed. Measurements of relative magnetic permeability in crossing directions showed different results which proved presence of texture in steel.

Проблема мониторинга поврежденности и ранних стадий разрушения изделий из аустенитных коррозионно-стойких сталей является серьезной и до конца нерешенной. Нежелательная фаза деформационно-индуцированного мартенсита может возникать в аустенитных сталях при циклических нагрузках и длительном воздействии газового давления. Трудность обнаружения этой фазы в сварных швах и сложных интегрированных соединениях связана с ее малым процентом, малым размером областей и локальностью ее формирования. Магнитные методы определения текстуры основаны на том, что анизотропия магнитных свойств металла в различных направлениях связана с анизотропией механических свойств в тех же направлениях, а магнитная проницаемость зависит от типа кристаллографической (а не механической) текстуры [1]. Это определяет возможность использования магнитных измерений для обнаружения областей формирования мартенсита в аустенитных сталях, поскольку количество мартенситной фазы, связанной ориентационными соотношениями с исходным аустенитом, будет отличаться в разных направлениях.

В ИФМ УрО РАН проводятся целенаправленные исследования по выявлению связи текстурно-фазового состава с магнитными свойствами сталей, в том числе и аустенитного класса. Такие исследования позволяют разрабатывать методы и средства неразрушающего контроля [2–4].

Для проведения эксперимента были взяты образцы стали 09Х17Н5Ю-ВИ аустенитного состава. При деформировании в исследуемых образцах обнаружено образование мартенсита, количество которого зависело от степени деформации. Согласно измерениям намагниченности насыщения, проведенных на вибрационном магнитометре LakeShore 7407, после охлаждения и прокатки с разной степенью деформации образовалось от 6% до 41% ферромагнитной мартенситной фазы [2]. При этом, изменений магнитных свойств образцов в двух взаимно перпендикулярных направлениях не обнаружено, что связано с чувствительностью прибора.

Измерения аустенитных образцов после деформации, проведенные с помощью разработанного в ИФМ УрО РАН прибора «ФерроКОМПАС», показали, что значения относительной магнитной проницаемости во взаимно перпендикулярных направлениях изменяются на 20–30 %. Проводится обсуждение полученных результатов в сопоставлении с данными структурного анализа (EBSD).

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Диагностика», № АААА-А18-118020690196-3)

1. Горкунов Э.С., Задворкин С.М., Димитров Р., Научни известия на НТСМ, № 1(216), с.29–34, (2017).
2. Корх М.К., Ригмант М.Б., Давыдов Д.И., Шишкин Д.А., Ничипурук А.П., Корх Ю.В., Дефектоскопия, № 12, с.20–31, (2015).
3. Ригмант М.Б., Корх М.К., Давыдов Д.И., Шишкин Д.А., Корх Ю.В., Ничипурук А.П., Казанцева Н.В., Дефектоскопия, № 11, с.20–31, (2015).
4. Ригмант М.Б., Дефектоскпия, № 2, с.27–40, (2018).

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ В БИОСОВМЕСТИМОМ СПЛАВЕ Ti-6Al-4V, ПОЛУЧЕННОМ ЛАЗЕРНОЙ 3Д ПЕЧАТЬЮ

Коэмец Ю.Н.[1], Давыдов Д.И.[1, 2], Ежов И.В.[1, 3], Казанцева Н.В.[1, 3], Карабаналов М.С.[2], Коэмец О.А.[2], Шаркеев Ю.П.[4], Меркушев А.Г.[2]

[1)] ИФМ УрО РАН им. М.Н.Михеева, г. Екатеринбург, Россия
[2)] УрФУ, г. Екатеринбург, Россия
[3)] УрГУПС, г. Екатеринбург, Россия
[4)] ИФПМ СО РАН, г. Томск, Россия

E-mail: y.koemets@imp.uran.ru

INFLUENCE OF ULTRASONIC PROCESSING ON QUALITY OF THE SURFACE IN BIOCOMPATIBLE Ti-6Al-4V ALLOY, MANUFACTURING BY 3D LASER PRINTING

Koemets Y.N.[1], Davydov D.I.[1, 2], Ezhov I.V.[1, 3], Kazantseva N.V.[1, 3], Karabanalov M.S.[2], Koemets O.A.[2], Sharkeyev Y.P.[4], Merkushev A.G.[2]

[1)] Institute of Metal Physics Ural branch of RAS, Ekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University named after First President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia
[3)] Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia
[4)] Institute of Strength Physics and Materials Science of Siberian Branch of RAS, Tomsk, Russia

The influence of various modes of ultrasonic shock treatment on the surface quality samples of Ti-6Al-4V manufactured by 3D laser printing is studied. The best conditions for ultrasonic processing are suggested.

Ультразвуковое ударное воздействие существенно влияет на качество поверхности изделия благодаря уменьшению трения и увеличения пластичности в очаге деформации, что обеспечивает сглаживание шероховатости точения, способствует глубокой пластической и упругопластической проработке поверхностного слоя и созданию благоприятных сжимающих напряжений. Путем подбора соответствующих технологических режимов можно повысить твердость поверхностного слоя, изменить его шероховатость или создать благоприятные сжимающие напряжения, тем самым увеличив износостойкость и долговечность изделия [1].

Выполнена ультразвуковая ударная обработка поверхности образца Ti-6Al-4V, полученного методом селективного лазерного сплавления, с помощью опытной установки (ИФПМ СО РАН, г. Томск). Режимы ультразвуковой обработки были приведены: I режим – P=150 Вт, n=80 об/мин, S=0,1 мм/об; II режим – P=200 Вт, n=80 об/мин, S=0,1 мм/об; III режим – P=250 Вт, n=200 об/мин, S=0,05 мм/об; IV режим – P=250 Вт, n=80 об/мин, S=0,1 мм/об. Наибольшее изменение качества поверхности обнаружено в образце после режима III.

В структуре образца после режима III обнаружены поверхностные разрывы и внутренние поры вблизи поверхности. Глубина воздействия на поверхность образца после этого режима обработки увеличена до 2 мкм по сравнению с другими режимами. Проведены измерения микротвердости образцов с нагрузкой 32 mH, время воздействия 10 сек. У образца после I режима микротвердость равна 5,56 ГПа; для режима II - 7,48 ГПа; для режима III - 13,74 ГПа; для режима IV - 6,58 ГПа. Наибольшее значение микротвердости обнаружено также в III образце.

Шероховатость поверхности образцов изучали на оптическом профилометре Wyko NT-1100. Измерения проводили на участках размерами 55,8×42,5 мкм. Сопоставление микроструктуры поверхности образцов и результатов измерения шероховатости показало, что наилучшие результаты обнаружены в образце после ультразвуковой обработки с применением режима IV. Проводится анализ полученных результатов в сопоставлении с литературными данными для титановых сплавов.

Работа выполнена в рамках гос. Программы ИФМ УрО РАН № АААА-А18-118020690196-3.

1. A. V. Panin, O. B. Perevalova, M. S. Kazachenok Ultrasonic impact treatment of structural materials / editor-in chief:. – A. Panin Tomsk : Publishing House of Tomsk State University. ISBN 978-5-94621-580-0 (2016).

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМЕ 1/2Dy_2O_3-SrO-CoO

Коломиец Е.С.[1], Брюзгина А.В.[1], Урусова А.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: kolomiyetse@gmail.com

PHASE EQUILIBRIUM IN THE 1/2Dy_2O_3-SrO-CoO SYSTEM

Kolomiyets E.S.[1], Bryuzgina A.V.[1], Urusova A.S.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The purpose of this study is to investigate the phase equilibria in the 1/2Dy_2O_3-SrO-CoO system at 1100°C in air. At present two binary oxides $SrCoO_{3-\delta}$, $Sr_3Co_2O_{7-\delta}$ and individual oxide $Dy_{0.14}Sr_{0.86}CoO_{3-\delta}$ were obtained.

Целью данной работы было изучение фазовых равновесий в системе 1/2Dy_2O_3-SrO-CoO при 1100°C на воздухе.

Образцы для исследования были синтезированы по глицерин-нитратной технологии. В качестве исходных веществ были использованы оксид диспрозия Dy_2O_3, карбонат стронция $SrCO_3$, предварительно прокаленные для удаления ад-

сорбированной влаги и газов, и металлический кобальт Co. Кобальт восстанавливали из оксида в токе водорода при 400-600˚C. Оксид диспрозия вследствие его высокой гигроскопичности предварительно прокаливали не менее 12 часов при 1100ºC, вынимали из разогретой печи, охлаждали в эксикаторе и взвешивали в закрытых бюксах известной массы. Карбонат стронция также предварительно прокаливали при температуре 600ºC в течении 8 часов. Исходные навески растворяли в разбавленной азотной кислоте при нагревании. Затем добавляли эквимолярное количество глицерина $C_3H_8O_3$ и выпаривали. Отжиг проводили при 1100ºC в течении 120 часов с промежуточными перетираниями в среде этилового спирта. Фазовый состав полученных образцов определяли рентгенографически.

В ходе работы были синтезированы образцы состава $Dy_{1-x}Sr_xCoO_{3-\delta}$ ($0\leq x\leq 1$, с шагом 0.25), $Dy_xSr_{1-x}CoO_{3-\delta}$ ($0.25\leq x\leq 1.5$, с шагом 0.25), $Sr_3Co_2O_{3-\delta}$, $Dy_{0.11}Sr_{1.11}CoO_{3-\delta}$, $Dy_{0.2}Sr_{0.8}CoO_{3-\delta}$, $Dy_{0.21}Sr_{1.82}CoO_{3-\delta}$, $Dy_{0.14}Sr_{0.86}CoO_{3-\delta}$. По литературным данным кобальтит диспрозия $DyCoO_{3-\delta}$ получается только в потоке кислорода и кристаллизуется при 1000˚C в орторомбической [1], при 1100˚C тетрагональной [2] ячейке.

При 1100ºC на воздухе в системе Sr-Co-O подтверждено образование двух бинарных оксидов $SrCoO_{3-\delta}$ и $Sr_3Co_2O_{7-\delta}$. Кобальтиты стронция имеют орторомбическую структуру: $SrCoO_{3-\delta}$ с параметрами a=5.461 Å, b=15.713 Å, c=5,561 Å (пр. гр. Imma) и $Sr_3Co_2O_{7-\delta}$ с параметрами a=3.878 Å, b=11.447 Å, c=20.393 Å (пр. гр. Immm), что неплохо согласуется с данными [3-4].

Обнаружено однофазное соединение состава $Sr_{1-x}Dy_xCoO_{3-\delta}$ с x=0.14 в системе $1/2Dy_2O_3$-SrO-CoO при 1100˚C на воздухе. Возможность замещения диспрозия стронцием описано в литературе [1,2,5], данные о области гомогенности твердого раствора $Sr_{1-x}Dy_xCoO_{3-\delta}$ разрознены и требуют уточнения.

По результатам рентгенофазового анализа 15 образцов был построен первичный изобарно-изотермический разрез диаграммы состояния с разделением на 8 полей.

1. Jeong S.K., Kim M.G., Kim K.H. et al. Physical Properties of the Nonstoichiometric Perovskite Dy1-xSrxCoO3-y system // Bull. Korean Chem. Soc. 1996. V. 17. I. 9. P. 794–798.
2. James M., Cassidy D., Goossens D.J. et al. The phase diagram and tetragonal superstructures of the rare earth cobaltate phases $Ln_{1-x}Sr_xCoO_{3-d}$ ($Ln=La^{3+},Pr^{3+},Nd^{3+},Sm^{3+},Gd^{3+},Y^{3+},Ho^{3+},Dy^{3+},Er^{3+},Tm^{3+}$ and Yb^{3+}) // J. Solid State Chem. 2004. V. 177. P. 1886–1895.
3. Munoz A., Calle C., Alonso J.A. Crystallographic and magnetic structure of SrCoO2.5 brownmillerite: neutron study coupled with band-structure calculations // Phys. Rew. 2008. V. 78. Is. 5. P. 054404(1) –054404(8).
4. Dann S.E., Weller M.T. Structure and oxygen stoichiometric in Sr3Co2O7–y (0.94□y□1.22) // J. Solid State Chem. 1995. V. 115. P. 499-507.
5. Hassen, A., Ali, A. I., Kim, B. J., Wu, Y. S., Park, S. H., & Kim, B. G. Structural, magnetic, and electric properties of Dy1−xSrxCoO3−δ (0.65≤x≤0.90). Journal of Applied Physics. 2007.V.102(12). P. 123905(1) - 123905(5).

МЕХАНОАКТИВАЦИЯ ПОРОШКОВ КВАРЦЕВОГО ПЕСКА

Кононова В.М.[1], Шаманина А.В.[1], Данилов В.Е.[1], Айзенштадт А.М.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

E-mail: viole-kononova@yandex.ru

MECHANICAL ACTIVATION OF QUARTZ SAND POWDERS

Kononova V.M.[1], Shamanina A.V.[1], Danilov V.E.[1], Ayzenshtadt A.M.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

The possibility of assessing changes in activity is shown powder materials as components of composite binders, obtained by mechanoactivation of quartz sand. The functional relationship between the relative change in the surface energy of the samples and the time of mechanoactivation is established.

Горные породы различной генетической группы являются сырьем для промышленности строительных материалов – одной из самых крупнотоннажных отраслей по потребляемому сырью и производимой продукции. При этом химическая и физико-химическая активность компонентов определяет рациональные области и эффективность их использования в составе композиционных вяжущих [1].

В данной работе в качестве критерия оценки активации материала используется относительное изменение поверхностной энергии (E_S). При реализации такого подхода основными информационными параметрами высокодисперсной системы являются удельная поверхность ($S_{уд}$) механоактивированных порошков и их поверхностное натяжение (σ) (как удельная энергетическая величина) [2-5].

Целью настоящих исследований является расчет величины относительного изменения свободной поверхностной энергии (δE_S) высокодисперсных порошков кварцевого песка, полученных при различном времени помола.

Исследуемый кварцевый порошок подвергали диспергированию методом механического помола на планетарной шаровой мельнице Retsch PM100 в течение 15, 23, 30 и 45 минут соответственно. Удельную поверхность исходного и тонкодисперсных порошков определяли на анализаторе Autosorb-iQ-MP. Из полученных порошков на гидравлическом прессе ПЛГ-20 формировали образцы-запрессовки диаметром 30 мм при воздействии в течение 2 минут фиксированного избыточного давления 2, 4, 8, 12 и 16 тонн.

Далее на гониометре DSA-20E (EasyDrop) определяли краевой угол смачивания поверхности образцов-запрессовок рабочими жидкостями: вода, глицерин, декан. После двух параллельных измерений рассчитывали средний угол смачивания и его косинус. Дисперсионная, поляризационная составляющие и суммарное значение поверхностного натяжения исследуемого материала определялись по методу ОВРК (Оунса, Вендта, Рабеля и Кьельбле).

Поверхностное натяжение опытных образцов определяли путем экспериментального получения зависимости поверхностного натяжения образцов, полученных при разном (фиксированном) избыточном давлении (р) и последующей экстраполяцией данной зависимости на р=0.

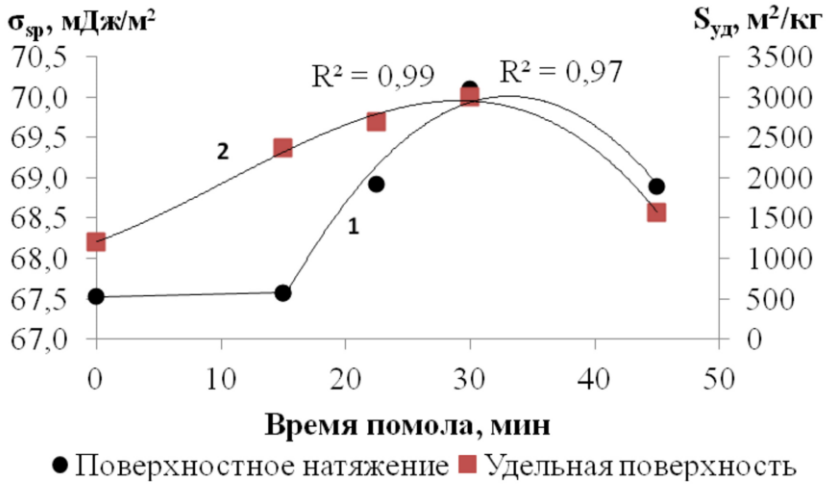


Рис. 1 - Зависимости поверхностного натяжения (1) и удельной поверхности (2) от времени помола порошков.

Полученные результаты, приведенные на рис. 1, показывают, что с увеличением продолжительности механоактивации происходит рост значений удельной поверхности и поверхностного натяжения исследуемого порошка. При этом, данный эффект наблюдается до временного интервала, равного 30 мин. Продолжение диспергирования образцов приводит к уменьшению данных параметров. Данный факт можно объяснить самопроизвольной агрегацией тонкодисперсных частиц порошка при увеличении длительности механообработки, за счет компенсации избыточной поверхностной энергии деформированной кристаллической решетки кварца и отсутствием стабилизатора агрегативной устойчивости в системе.

Наибольший эффект, оцениваемый по δE_S, связанный с активацией кварцевого порошка в результате механического помола достигается через 30 минут обработки.

Работа выполнена на основе гранта РФФИ 18-43-292002.

1. В.С. Лесовик, Н.И. Алфимова, Е.А. Яковлев, М.С. Шейченко, Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова 1, 30–33 (2009).
2. Н. В. Яковец, Н. П. Крутько, О. Н. Опанасенко, Свиридовские чтения, вып.8, 253 – 260 (2012).
3. Ю.В. Соколова, А. М. Айзенштадт, Физика и химия обработки материалов 4, 83-88 (2017).

4. V. E. Danilov, A.M. Ayzenshtadt, M. A. Frolova , A.S. Tutygin, Inorganic Materials: Applied Research Vol. 9, No. 4, 767–771 (2018).
5. В.Е. Данилов, Е.В. Королев, А.М. Айзенштадт, Физика и химия обработки материалов 6, 75-82 (2020).

ПОЛУЧЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ НАНОСТРУКТУР Fe_3O_4/h-BN МЕТОДОМ ПОЛИОЛЬНОГО СИНТЕЗА

Конопацкий А.С.[1], Калинина В.В.[1], Штанский Д.В.[1]

[1)] Национальный Исследовательский Технологический Университет «МИСиС», г. Москва, Россия

E-mail: ankonopatsky@gmail.com

HETEROGENEOUS Fe_3O_4/h-BN NANOSTRUCTURES MANUFACTURING VIA POLYOL SYNTHESIS

Konopatsky A.S.[1], Kalinina V.V.[1], Shtansky D.V.[1]

[1)] National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow, Russia.

Fe_3O_4/h-BN heterogeneous structures were synthesized via polyol process and characterized. Comparison of the structure of the unsupported Fe_3O_4 nanoparticles and those obtained over the h-BN surfaces was conducted.

Наночастицы на основе железа привлекают большое внимание в различных областях: катализ, хранение данных, медицина и др. [1]. Активно развивается направление по разработке гетерогенных наноструктурных материалов, одним из компонентов которых, являются наночастицы на основе железа. Как правило, гетерогенные материалы являются более эффективными системами за счет высокой степени диспергирования и повышения стабильности активного компонента на поверхности носителей. Одной из наиболее перспективных подложек в настоящее время является гексагональный нитрид бора (h-BN) [2]. Данный материал отличается высокой химической и термической стабильностью, а также повышенными прочностными характеристиками [3]. В рамках данной работы методом полиольного синтеза наночастицы оксида железа были сформированы как на поверхности наноструктурного h-BN, так и в изолированном состоянии, без подложки, а также проведено изучение их структуры.

В качестве среды синтеза использовали этиленгликоль. В среде синтеза методом ультразвукового диспергирования равномерно распределяли наночастицы h-BN, после чего осуществляли ее нагрев до 165 °C и добавляли последовательно заданное количество раствора $FeCl_3$*$6H_2O$ и NaOH. Осуществляли выдержку в течение 3 мин при заданной температуре и производили отмывку осадка в дистиллированной воде. Таким образом были получены образцы Fe_3O_4/BN и Fe_3O_4. Изучение химического состава и структуры полученных материалов проводили

на сканирующем электронном микроскопе JEOL 7600F. Фазовый состав материалов были изучен методом рентгенофазового анализа на лабораторном дифрактометре Ultima IV Rigaku, излучение CuKα.

На рисунке 1 приведены результаты SEM исследования полученных материалов.

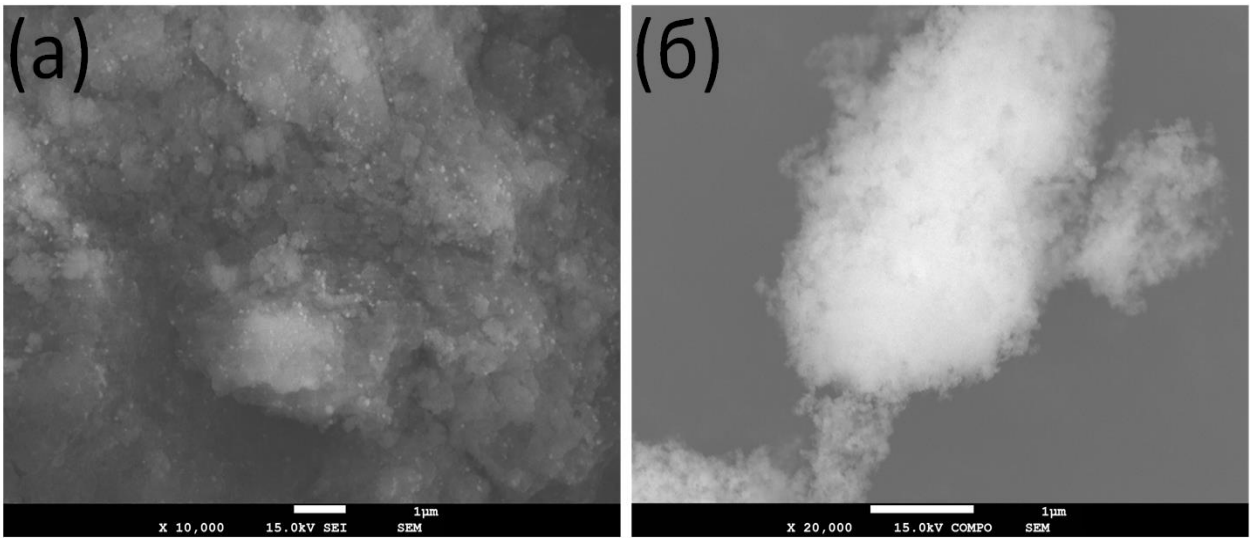


Рис. 1. Электронные изображения: (а) Fe_3O_4/BN и (б) Fe_3O_4.

Из рисунка 1б видно, что наночастицы оксида железа без подложки находятся в агломерированном состоянии, в то время как в случае образца Fe_3O_4/BN частицы распределены равномерно по поверхности носителей. Стоит отметить, что согласно полученным электронным изображениям, а также данным проведенного рентгенофазового анализа средний размер частиц на основе железа составил менее 100 нм. Результаты рентгенофазового анализа также позволили подтвердить, что Fe_3O_4 является основной фазой как в случае синтеза частиц без подложки, так и в случае их формирования на поверхности h-BN.

Таким образом были получены гетерогенные наноструктурные материалы Fe_3O_4/BN, которые могут быть применены в дальнейшем в качестве перспективных катализаторов и других функциональных материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (соглашение № 20-79-10286).

1. Reddy AVB, Yusop Z, Jaafar J, Reddy YVM, Aris A Bin, Majid ZA, et al. Recent progress on Fe-based nanoparticles: Synthesis, properties, characterization and environmental applications. J Environ Chem Eng 2016;4:3537–53. https://doi.org/10.1016/j.jece.2016.07.035.
2. Konopatsky AS, Leybo D V, Firestein KL, Popov ZI, Bondarev A V, Manakhov AM, et al. Synthetic routes, structure and catalytic activity of Ag/BN nanoparticle hybrids toward CO oxidation reaction. J Catal 2018;368:217–27. https://doi.org/10.1016/j.jcat.2018.10.016.

3. Shtansky D V., Firestein KL, Golberg D V. Fabrication and application of BN nanoparticles, nanosheets and their nanohybrids. Nanoscale 2018;10:17477–93. https://doi.org/10.1039/c8nr05027a.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ОТЖИГА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ХОЛОДНОКАТАНОГО БИОСОВМЕСТИМОГО СПЛАВА ТИТАНА

Коренев А.А.[1], Кочешева Н.С.[1], Илларионов А.Г.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

E-mail: alexander.korenev@urfu.ru

THE EFFECT OF TEMPERATURE-TIME PARAMETERS OF ANNEALING ON THE STRUCTURE AND YOUNG'S MODULUS OF A COLD-ROLLING BIOCOMPATIBLE TITANIUM ALLOY

Korenev A.A.[1], Kochesheva N.S.[1], Illarionov A.G.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The evolution of the structure, physical and mechanical properties after annealing of a cold-rolled biocompatible Ti-41 wt alloy% Nb with a total degree of deformation of 75% at various temperatures (700, 850 ° C) and holding time (2-32 min) was investigated.

Сплавы системы Ti-Nb на основе метастабильного □-твердого раствора широко используются для разработки биосовместимых имплантатов. Они в определенных состояниях могут иметь низкий модуль упругости, приближающийся по значению к модулю упругости кортикальной кости. Для получения необходимого фазово-структурного и текстурного состояния с низким значением модуля упругости сплавы на базе системы Ti-Nb рекомендуется подвергать холодной деформации с последующим старением [1,2] либо отжигом (система Ti-Nb-Al) [3]. В тоже время известно [1] о вредном воздействии алюминия на организм человека, и поэтому актуально изучение влияние отжига после холодной деформации на структуру и физико-механические характеристики сплавов системы Ti-Nb на основе метастабильного □-твердого раствора. В данной работе исследовано влияние температурно-временных параметров отжига на изменение структуры, контактного модуля упругости и микротвердости холоднокатаного сплава Ti-41Nb (в масс. %). Общая накопленная степень деформации сплава при холодной прокатке составила 75 %, температура отжига - 700 и 850°С с выдержкой 2 минуты. Сплав при температуре отжига 700°С также выдерживали в течение 8 и 32 минут.

Установлено, что в холоднокатаном сплаве наблюдаются вытянутые вдоль направления прокатки β-зерна с повышенной плотностью дислокаций. Отжиг

при 700 ºС в течение 2 мин приводит к развитию в β-матрице процессов первичной рекристаллизации и формированию частично рекристаллизованной структуры с образованием новых недеформированных β-зерен средним размером около 2 мкм. При повышении температуры отжига до 850ºС деформированная β-структура полностью рекристаллизуется с формированием равноосных β-зерен средним размером 6 мкм. Увеличение времени выдержки с 2 до 32 минут в ходе отжига при 700 ºС способствует уже после выдержки 8 минут формированию полностью рекристаллизованной структуры и росту среднего размера β-зерна, которое при максимальной выдержке 32 минуты составляет 8 мкм.

Обнаружено, что более активное развитие процессов рекристаллизации при повышении температуры отжига с 700 до 850 ºС и увеличении времени отжига при 700ºС до 32 минут способствует снижению в микротвердости холоднокатаном сплаве с исходных 235 HV до 230…200 HV и модуля упругости с исходных 53 ГПа до 50…37 ГПа. Отмечено, что наиболее низкие средние значения модуля упругости в сплаве формируются после отжига в течение 2 минут при 850ºС (37 ГПа) и 32 минут при 700ºС (43ГПа).

Показано, что более низкие значения контактного модуля упругости после отжига при 850ºС, 2 мин. по сравнению с отжигом 700ºС, 32 мин. хорошо коррелируют с изменением интенсивности наиболее низкомодульной текстурной компоненты <001> в β-матрице, которая имеет максимальную интенсивность после отжига при 850ºС.

Обсуждается общая взаимосвязь влияния параметров отжига холоднокатаного биосовместимого сплава Ti-41Nb на формирование его структурно-текстурного состояния и на контактный модуль упругости и микродюрометрические характеристики.

Работа выполнена при поддержке контракта № 02.A03.21.0006, финансируемого в рамках постановления № 211 Правительства Российской Федерации.

1. D. Banerjee and J. C. Williams. Acta Materialia. 61, Iss 3. 844–879 (2013).
2. W. Elmay, E. Patoor, T. Gloriant et. al., JMEPEG 23, 2471–2476 (2014).
3. T. Hosoda, Y. Kinoshita, Y. Fukui et. al., Materials Science and Engineering A, 438–440, 870–874 (2006)

ГИДРАТАЦИЯ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ДОПИРОВАННОГО $BaLa_2In_2O_7$

Кремеш Х.[1], Корона Д.В.[1], Анимица И.Е.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: d.v.korona@urfu.ru

HYDRATION AND ELECTROCONDUCTIVITY OF THE DOPED $BaLA_2In_2O_7$

Kreimesh H.[1], Korona D.V.[1], Animitsa I.E.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Phases $BaLa_2In_2O_7$ and Ti-, Zr-, Nb-substituted solid solutions was synthesized by solid state route as potential protonic conductors. Hydration of BaLa2In2O7 was measured by thermogravimetry in wet nitrogen atmosphere under heating and cooling. The degree of hydration for $BaLa_2In_2O_7$ rise to 0,2.

Фазы $BaLanInnO_{3n+1}$ со слоистой структурой Раддлесдена-Поппера [1] представляют интерес в качестве перспективных высокотемпературных протонных проводников. Ранее [2, 3] для твердых растворов на основе $BaLaInO_4$ была обнаружена способность к гидратации и существенная протонная проводимость ($\sigma \approx 10^{-4}$ См/см при 500ºС). Однако фазы со слоистой структурой Раддлесдена-Поппера более высокого порядка BaLa2In2O7 (n=2) ранее не исследовались с точки зрения возможности реализации протонного переноса.

В данной работе фаза $BaLa_2In_2O_7$ и твердые растворы $BaLa_2In_{1,9}Ti_{0,1}O_{7,05}$, $BaLa_2In_{1,9}Zr_{0,1}O_{7,05}$, $BaLa_2In_{1,9}Nb_{0,1}O_{7,1}$ были синтезированы твердофазным методом в температурном интервале 800−1150 ºС в 5 стадий с промежуточными перетираниями. Спекание керамических образцов для измерения электропроводности проводили при 1300 ºС. Результаты рентгенофазового анализа после последнего обжига показали, что образцы $BaLa_2In_2O_7$ и $BaLa_2In_{1,9}Zr_{0,1}O_{7,05}$ являются однофазными и описываются пространственной группой p42/mnm. Фазы $BaLa_2In_{1,9}Ti_{0,1}O_{7,05}$ и $BaLa_2In_{1,9}Nb_{0,1}O_{7,1}$ содержали менее 5 % примеси $Ba_4In_6O_{13}$.

Гидратация $BaLa_2In_2O_7$ была изучена методом термогравиметрии. Установлено, что состав гидратированной фазы соответствует $BaLa_2In_2O_7 \cdot 0.2H_2O$. Следует отметить, что в ряду $BaLanInnO_{3n+1}$ с увеличением n снижается степень гидратации ($BaLaInO_4 \cdot 0{,}6H_2O$ [3] и $BaLa_2In_2O_7 \cdot 0{,}2H_2O$), что можно объяснить увеличением содержания в структуре перовскитоподобного слоя и снижением вклада солеподобного слоя, в который происходит диссоциативное инкорпорирование молекул воды из газовой фазы.

Электропроводность образцов исследована методом импедансной спектроскопии. Измерения проводили при охлаждении с 900 до 350 ºС в сухой и влажной атмосфере на воздухе и в азоте. Сравнение проводимости $BaLa_2In_2O_7$ с $BaLaInO_4$

в координатах Аррениуса приведено на рисунке 1. Как видно, для состава $BaLa_2In_2O_7$ проводимость выше по сравнению с $BaLaInO_4$, что можно объяснить увеличением вклада перовскитных блоков, ответственных за реализацию ионного переноса.

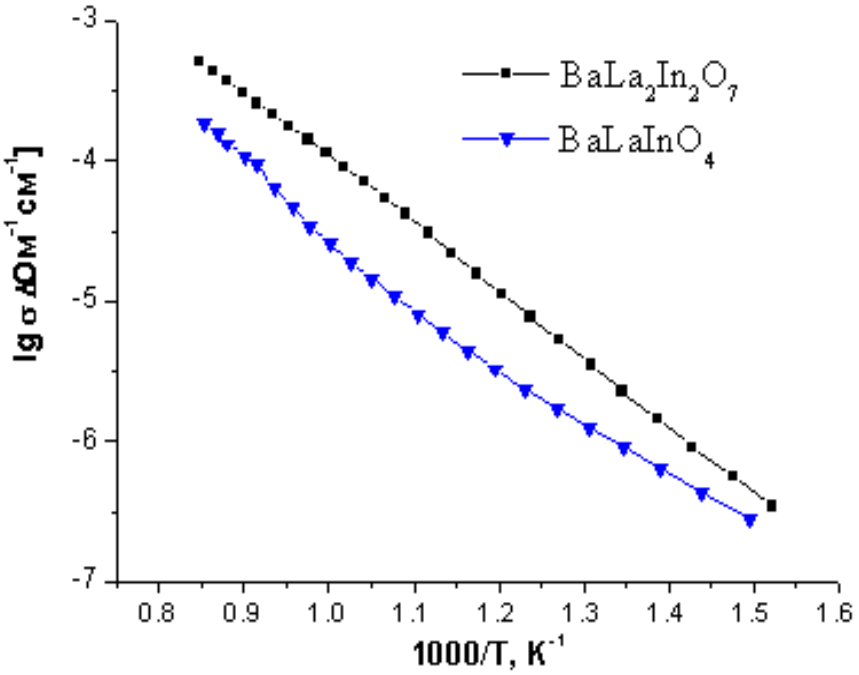


Рис. 1. Температурная зависимость электропроводности $BaLa_2In_2O_7$ в сравнении с $BaLaInO_4$ в сухом воздухе.

Проведено сравнение электропроводностей допированных образцов и обсуждено влияние влажности атмосферы. Доказана способность исследуемых фаз к протонному переносу.

1. Titov, Yu.O., Bilyavina, N.M., Markiv, V.Ya., Slobodyanik, M.S., Kraevs`ka, Ya.A., Yashchuk, V.P. Dopov. Nats. Akad. Ukr.2010. 148 (2010).
2. Корона Д.В., Обрубова А.В., Козлюк А.О., Анимица И.Е. Ж.Физ. Химии. 92(9), 1439-1444 (2018).
3. Tarasova N., Animitsa I., Galisheva A, Korona D. Materials. 12. 1668-1682 (2019).

РАЗРАБОТКА ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ ПРОТИВ КАВИТАЦИОННОГО И ЭЛЕКТРОКОРОЗИЙННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОРОШКОВОЙ КРАСКИ С ДОБАВЛЕНИЕМ УНТ

Коршаков Н.А.[1], Капустин С.Н.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова г. Архангельск, Россия

E-mail: nikikorsh1998@gmail.com

DEVELOPMENT OF A PROTECTIVE COATING AGAINST CAVITATION AND ELECTRIC CORROSION EXPOSURE USING POWDER PAINT WITH ADDED CARBON NANOTUBES

Korshakov N.A.[1], Kapustin S.N.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov Arkhangelsk, Russia

Metal structures and their alloys that operate under hydrodynamic loads to destruction due to cavitation and electric corrosion effects on their structure. Planed to study impact the cavitation and electric corrosion exposure on titanium alloy coated powder paint with added carbon nanotubes.

Металлоконструкции и их сплавы в изделиях, которые работают в условиях гидродинамических нагрузок часто подвержены разрушению из-за кавитационного и электрокорозийнного воздействия на их структуру, что является большой проблемой для многих отраслей. Для решения этой проблемы применяются различные покрытие. Ранее были попытки использования лакокрасочных материалов с добавлением углеродных нанотрубок для повышения устойчивости металлических конструкций.

В отличие от лакокрасочных материалов, порошковая краска имеет ряд преимуществ, например, более устойчивое сцепление с металлом, большая прочность покрытия, меньший расход материала, а также поверхность становиться электроизоляционной. Размер частиц порошковой краски составляет от 5-350 мкм, это позволяет смешивать краску с углеродными нанотрубками.

Для получения покрытие используется центрифуга для смешивания краски непосредственно с унт, после чего полученная краска наноситься на образцы и запекается в камере полимеризации при температуре 180 °С. После запекания образцы подвергаются воздействию кавитации и электрокоррозии.

Планируется изучить устойчивость покрытия порошковой краски с добавление нанотрубок против кавитации и электрокоррозии.

1. Кузив И.В., Керимов Р.С., Капустин С.Н. Процессы разрушения поверхности титанового сплава 3М под действием электрокоррозии, Сборник научных трудов Международной конференции «Инновационные технологии и новые материалы: физика, химия, техника и инженерия», 23 - 26 апреля 2019 г., с 93-96

2. К. А. Шашкеев, В. С. Нагорная, И. А. Волков, С. В. Кондрашов,Т. П. Дьячкова, А. И. Кондаков, К. М. Борисов, Г. Ю. Юрков. Супергидрофобные электропроводящие покрытия на основе силиконовой матрицы и углеродных нанотрубок: Журнал прикладная химия (2017)., с 896-906
3. А. В. Николайчик, Н. Р. Прокопчук, Т. А. Шпигель, И. В. Николайчик. Труды БГТУ. №4. химия, технология органических веществ и биотехнология (2010), с 139-142
4. Георгиевская Е.П. Кавитационная эрозия гребных винтов и методы борьбы с ней. Л.: Судостроение (1978)

ФОРМИРОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УГЛОВ ПРЕДНАКЛОНА В ЖК ЯЧЕЙКАХ С ПЛАНАРНО-КОНИЧЕСКИМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ

Костиков Д.А.[1, 2], Крахалев М.Н.[1, 2]

[1)] Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия
[2)] Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», г. Красноярск, Россия
E-mail: deniskostikov13@gmail.com

FORMATION OF VARIOUS PRETILT ANGLES IN LIQUID-CRYSTAL CELLS WITH PLANAR-CONIC BOUNDARY CONDITIONS

Kostikov D.A.[1, 2], Krakhalev M.N.[1, 2]

[1)] Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
[2)] Federal Research Center KSC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

We have developed a general approach to variate conical pretilt angles from 0 to 50 degrees. In this paper, we have used mixture of two polymers to change the angle. The advantage of measurement by different angle of incidence is high measurement accuracy.

Жидкие кристаллы (ЖК) обладают качествами, присущими по отдельности как жидкостям, так и кристаллам. За счет своей уникальной ориентационной структуры они широко используются в оптической технике. Отличительным и очень важным параметром структуры ЖК является преимущественная ориентация длинных осей молекул, которая характеризуется единичным векторов — директором. От положения директора напрямую зависят диэлектрические, оптические и электрооптические свойства системы, поэтому информация о нем очень важна при изучении ячеек с жидкими кристаллами. Ориентация директора зависит от констант упругости ЖК и начального угла наклона (угла преднаклона) на подложках, который зависит от физико-химических свойств как самого ЖК, так

и ориентирующего слоя, нанесенного на подложки, благодаря которому формируются граничные условия (ГУ). Поэтому задание и отслеживание последних очень важно.

На данный момент уже достаточно хорошо изучены ЖК ячейки с планарными (полярный угол директора $\theta_0 = 0°$), гомеотропными ($\theta_0 = 90°$) и планарно-гомеотропными ГУ (на одной подложке тангенциальные, на второй гомеотропные ГУ), определены электрооптические свойства, способствующие практическому применению вышеперечисленных систем. Передовой ветвью исследования физики ЖК является изучение варьируемых, например, конических ГУ, полярный угол которых отличен от 0 и 90°. Тем не менее, известные конические ГУ не всегда удовлетворяют требуемым задачам, так как обеспечивают для одного ЖК один фиксируемый угол преднаклона. Но вариация такого угла позволила бы найти оптимальные параметры для определенной задачи.

Объектами исследования являлись ячейки с нематическим ЖК ЛН-396, анизотропия показателя преломления которого: $n_e = 1{,}716$, $n_o = 1{,}52$ [1]. На нижней подложке планарные ГУ задавались натертой пленкой ПВС, на верхней ячейке конические ГУ обеспечивались благодаря подобранной смеси полимеров полиизобутил метакрилата (ПиБМА) и полиметилметакрилат (ПММА). Углы преднаклона директора на подложках измерялись посредством измерения зависимости фазовой задержки между обыкновенной и необыкновенной волнами от угла падения света на образец [2, 3].

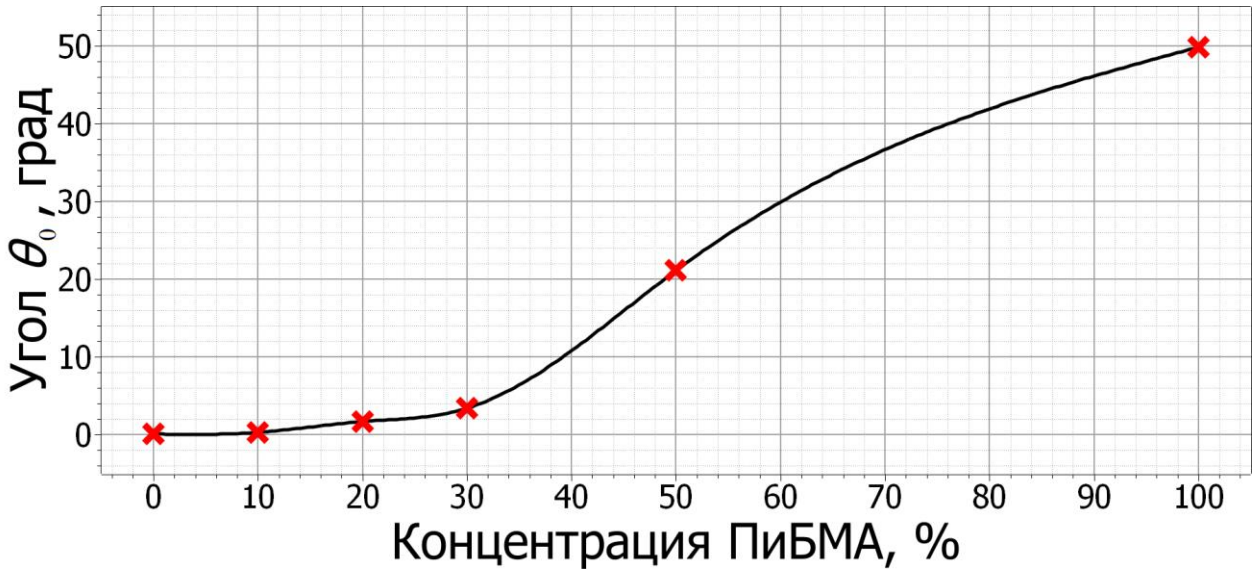


Рис. 1. Зависимость угла преднаклона от концентрации ПиБМА.

Полимер ПММА задает планарные граничные условия для ЛН-396, в то время как ПиБМА формирует коническое сцепление с углом преднаклона примерно 50°. Смешивая ПиБМА и ПММА нам удалось получить ориентирующие пленки с различным значением угла преднаклона (рис. 1). При этом, уже при малейших концентрациях ПиБМА, в образце возможно формирование доменной структуры стенок из-за вырождения по азимутальному углу, в нашем же случае

такие структуры образовались уже и при 10% ПиБМА. В большинстве случаев данные стенки можно убрать, приложив к образцу электрическое поле. Это позволяет получать образцы с бездефектной ориентацией директора при тангенциально-конических граничных условиях с варьируемым углом преднаклона.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, Правительства Красноярского края и Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта № 20-42-240007.

1. Krakhalev M. N. et al. Director configurations in nematic droplets with tilted surface anchoring //Liquid Crystals. – 2017. – Т. 44. – №. 2. – С. 355-363.
2. Wang, S. Y. Simple and direct measurements of pretilt angles in hybridaligned nematic liquid-crystal cells / S. Y. Wang, H. M. Wu, K. H. Yang // Applied Optics. – 2013. – Т. 52. – №. 21. – С. 5106-5111.
3. Клеман М., Лаврентович О. Д. Основы физики частично упорядоченных сред. – М. : Физматлит. - 2007.

ЭФФЕКТЫ НЕАДДИТИВНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ МОЩНОСТИ КАВИТАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Костин А.А.[1], Капустин С.Н.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

E-mail: leiiia.kostin.98@mail.ru

EFFECTS OF NON-ADDITIVITY OF METAL DESTRUCTION BY CAVITATION IMPACT

Kostin A.A.[1], Kapustin S.N.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

Non-additivity of cavitation and corrosion is poorly studied. Planned in addition to previously published research data to study the dependence of the cavitation power on the non-additivity of cavitation and corrosion on titanium alloy TL-5 and 3M and to observe the destruction of titanium graded all

Влияние неаддитивности процессов кавитационного и коррозийного разрушения [1] металлов мало изучено. В полной мере это относится к изделиям, работающим в условиях гидродинамического нагружения, к которым относятся, например, насосные агрегаты, движительно-рулевые колонки судов и др. Металлы и их сплавы являются наиболее важными конструкционными материалами. В условиях эксплуатации металлических конструкций вследствие химического или электрохимического взаимодействия с окружающей средой происходит их

разрушение. Одновременное влияние этих двух факторов в течение длительного времени может как замедлять, так и ускорять разрушение и имеет нелинейный характер. Рассмотрим потерю веса образца сплава ТЛ-5 (Рисунок 1).

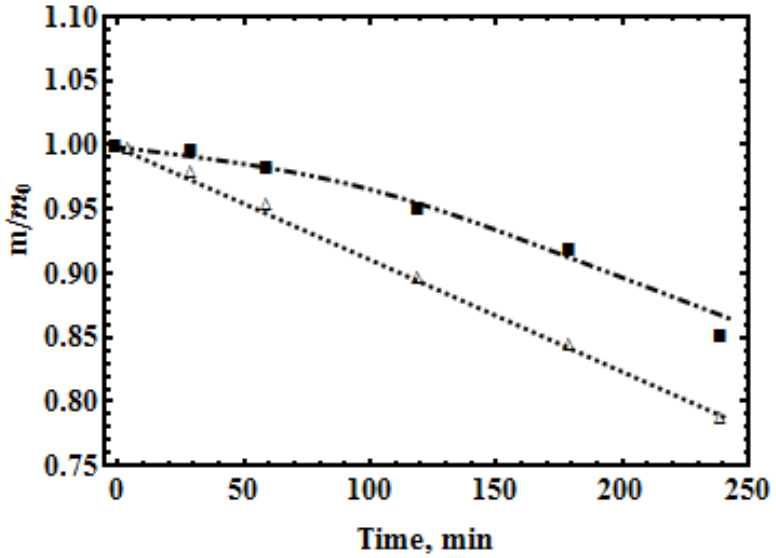


Рис. 1. Потеря массы образца сплава ТЛ-5

По вертикальной оси масса образца, нормированную на массу исходного образца, горизонтальная ось - длительность воздействия в минутах. Квадратными метками обозначен одновременное воздействие кавитации и электрокоррозии, треугольники - только электрокоррозионный эффект. Только кавитационным воздействием в данных условиях можно пренебречь.

Кавитационный эффект создавался с помощью ультразвукового диспергатора МЭФ 93.1 (с выходной мощностью 250 Вт / см^2), электрокоррозия происходила при подаче на образец положительного потенциала, а электрический ток поддерживался на уровне 0,19 А. Образцы подвергались воздействию деструктивных факторов в соленой воде (30 промилле хлорида натрия) в течение 4 часов. На графике видно, что зависимость уноса массы от времени при совместном воздействии кавитации и электрокоррозии до 50 минут линейна, а дальше меняет свой характер. А при электрокоррозийном эффекте зависимость отсается ленейной на протяжении всего эксперимента.

Планируется уточнить ранее опубликованные данные [1], а также изучить зависимость эффекта неаддитивности от мощности кавитационного воздействия на титановые сплавы.

1. Кузив И.В., Керимов Р.С., Капустин С.Н. Процессы разрушения поверхности титанового сплава 3М под действием электрокоррозии, Сборник научных трудов Международной конференции «Инновационные технологии и новые материалы: физика, химия, техника и инженерия», 23 - 26 апреля 2019 г., с 93-96
2. Buravova S.N., Technical Physics. The Russian Journal of Applied Physics, 43 (9), 1107 (1998).

3. Prikhod'ko V.M., Aleksandrov V.A., Fatyukhin D.S., Petrova L.G., Metal Science and Heat Treatment. 2015. T. 57. № 5-6. C. 300-303.
4. HirotoshiSasaki, FuimoTakeo, HitoshiSoyama, Cavitation erosion resistance of the titanium alloy Ti–6Al–4V manufactured through additive manufacturing with various peening methods. Wear Volumes 462–463, 15 December 2020.
5. Георгиевская Е.П. Кавитационная эрозия гребных винтов и методы борьбы с ней. Л.: Судостроение (1978)

МОДИФИЦИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВО-КРЕМНИЕВЫХ СПЛАВОВ МАЛЫМИ ДОБАВКАМИ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Котенков П.В.[1, 2], Гилев И.О.[1], Попова Э.А.[1], Шубин А.Б.[1]

[1)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: p.v.kotenkov@urfu.ru

MODIFICATION OF ALUMINUM-SILICON ALLOYS WITH SMALL ADDITIONS OF TRANSITION METALS

Kotenkov P.V.[1, 2], Gilev I.O.[1], Popova E.A.[1], Shubin A.B.[1]

[1)] Institute of Metallurgy of the UB of RAS, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

An estimation of the modifying ability of experimental Al-Ti-B, Al-Ti-C, Al-Ti-Y, Al-Ti-Cu master-alloys on Al-7Si, Al-12Si aluminum-silicon alloys was carried out.

Алюминиево-кремниевые сплавы (силумины) составляют основу среди литейных алюминиевых сплавов. За счет низкой стоимости, высокой удельной прочности, коррозионной стойкости данные сплавы нашли широкое применение в машиностроении [1-3]. Однако требования к материалам неуклонно растут. Основными свойствами силуминов являются литейные и механические свойства, которые определяются их структурой. Силумины имеют ряд недостатков: наличие грубых эвтектических выделений (AlSi); интерметаллические фазы, содержащие железо; газовая пористость, что приводит к снижению прочностных свойств, герметичности. За счет модифицирования можно нивелировать данные недостатки.

Традиционно силумины модифицируют солями щелочных металлов, а также с помощью лигатуры Al-Sr. В данной работе были использованы опытные лигатуры Al-Ti-Y, Al-Ti-Cu в сравнении с лигатурами Al-Ti-B, Al-Ti-C (опытными и промышленными).

Модифицирование проводили в лабораторных (в шахтной электропечи) и промышленных (индукционная печь) условиях при температуре 705-715 С. По-

сле расплавления сплавов Ак7, Ак7пч, Ак12 вводили модификатор виде лигатуры в расчете от двух до четырех кг на тонну в зависимости от ее состава. После чего перемешивали и выдерживали с расплавом в течение 20 минут, охлаждали до 660-680 С и разливали в форму. Для контроля структуры брали пробу сплава и заливали в стальную изложницу. После чего проводили химический, металлографический анализы, оценку газовой пористости, оценку расстояния между вторичными ветвями дендрита, морфологией и размером эвтектических выделений.

Результаты работы показали перспективность использования опытных лигатур системы Al-Ti-Y, Al-Ti-Cu для модифицирования силуминов.

1. Sebaie O.El., Samuel A.M., Samuel F.H. // Mater.Sci.Eng.A.2008. V 480. P. 342.
2. Белов Н.А., Савченко С.В., Хан А.В.// Фазовый состав и структура силуминов. М: МИСИС. 2007. 283 с.
3. Альтман М.Б., Арбузов Ю.П. //Применение алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1985. 344 с.

КИНЕТИКА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ В АМОРФНОМ СПЛАВЕ Cu50Zr42.5Ti7.5

Коваленко Д.А.[1], Быков В.А.[1, 2], Куликова Т.В.[1, 2], Денисова Э.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт металлургии Уро РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: darya.k.2000@list.ru

CRYSTALLIZATION KINETICS IN Cu50Zr42.5Ti7.5 BULK METALLIC GLASS

Kovalenko D.A.[1], Bykov V.A.[1, 2], Kulikova T.V.[1, 2], Denisova E.I.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metallurgy of the Ural of the Russian Academy of Sciences, , Yekaterinburg, Russia

Bulk metallic glass Cu50Zr42.5Ti7.5 has been obtained by vacuum casting. Crystallization mechanisms under heating were studied by means of DSC and X-ray diffraction. Kinetic modeling by multivariate nonlinear regression was carried out using the Netzsch Thermokinetics package.

В последние годы металлические стёкла стали привлекать всё большее внимание из-за необычных физических свойств и большого потенциала прикладного применения [1]. В частности, система Cu-Zr обладает высокой стеклообразующей способностью и термической стабильностью, а также является основой целого класса металлических стёкол [2]. Дальнейшие исследования показали, что

добавление третьего элемента (например, Ti) существенно улучшает стеклообразующую способность и термическую стабильность получаемых сплавов Cu-Zr [3].

Для того, чтобы контролировать свойства получаемых композитов, необходимо чётко понимать механизмы кинетики кристаллизации, которые в настоящее время до конца не изучены. В связи с этим в данной работе проведено комплексное исследование кинетики кристаллизации сплава Cu50Zr42.5Ti7.5, включающее термические исследования с использованием синхронного термического анализатора Netzsch STA 409 PC Luxx, рентгенофазовый анализ с использованием дифрактометра Shimadzu XRD-7000. Кинетическое моделирование выполнено методом многовариантной нелинейной регрессии в пакете Netzsch Thermokinetics. Дифференциальная сканирующая калориметрия обнаруживает сложную четырехступенчатую кристаллизацию аморфного сплава при различных скоростях нагрева. Согласно построенной нелинейной кинетической модели, процесс кристаллизации протекает как реакция, состоящая из двух параллельных ветвей.

1. C. Suryanarayana, A. Inoue, Bulk metallic glasses, CRC Press (2010).
2. D. Wang, Y. Li, B. B. Sun, M. L. Sui, K. Lu, E. Ma, Bulk metallic glass formation in the binary Cu-Zr system, Appl. Phys. Lett. 84, 4029-4031 (2004).
3. D. Xu, G. Duan, W. L. Johnson, Unusual Glass-Forming Ability of Bulk Amorphous Alloys Based on Ordinary Metal Copper, Phys. Rev. Lett., V. 92, P. 245504 (2004).

РАЗРАБОТКА НАНОСТРУКТУР PT/H-BN ДЛЯ ГЕТЕРОГЕННОГО КАТАЛИЗА

Ковальский А.М.[1], Волков И.Н.[1], Матвеев А.Т.[1], Лейбо Д.В.[1], Конопацкий А.С.[1], Штанский Д.В.[1]

[1)] Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва, Россия

E-mail: andreykovalskii@gmail.com

PT/H-BN NANOSTRUCTURES DEVELOPMENT FOR HETEROGENEOUS CATALYSIS

Kovalskii A.M.[1], Volkov I.N.[1], Matveev A.T.[1], Leybo D.V.[1], Konopatsky A.S.[1], Shtansky D.V.[1]

[1)] National University of Science and Technology «MISIS», Moscow, Russia

Pt/h-BN hybrid nanostructures were successfully synthesized by the impregnation method. Pt nanopartciles, 3-10 nm in size, were homogeneously distributed on over the BN support. Nanocatalysts showed high catalytic activity in CO oxidation, full conversion was achieved at 184 °C.

Важной задачей в гетерогенном катализе является повышение каталитической активности и стабильности материалов путем увеличения удельной поверхности каталитически активных металлов и разработки новых видов носителей. В настоящей работе представлены результаты получения гибридных наноструктур Pt/h-BN для использования в важной технологической реакции окисления CO.

Гибридные наноструктуры Pt/h-BN синтезированы методом пропитки водным раствором платинохлористоводородной кислоты ($H_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$) и последующего восстановления платины на наночастицах нитрида бора в протоке H_2. В качестве керамического носителя Pt использовались коммерческие наночастицы гексагонального BN, представляющие из себя деформированные нанопластины h-BN размером от 20 до 50 нм и толщиной 10-15 атомных слоев. Согласно измерениям методом БЭТ, удельная поверхность этих частиц составляет порядка 200 $м^2/г$. Исходная загрузка платины соответствовала 4 масс.% по отношению к носителю BN.

Структура, химический и фазовый составы полученных материалов исследовались микроскопическими и спектральными методами. Методом РФА оказано, что материал после восстановительного отжига представлен гексагональным нитридом бора с резко подчиненным содержанием металлической платины. Содержание Pt в гибридных частицах, определенное методом ИСП-МС, составило 3.5 масс.%. По данным СЭМ исследования (Рис. 1а), наночастицы Pt равномерно распределены по поверхности частиц нитрида бора, размер частиц металла не превышает 10 нм. Результаты ПЭМ исследований наноструктур Pt/h-BN представлены на рисунке 1б. Как видно на рисунке, размер частиц платины в среднем

составляет порядка 5 нм. Детальный анализ структуры материала свидетельствует о формировании наночастиц Pt на h-BN.

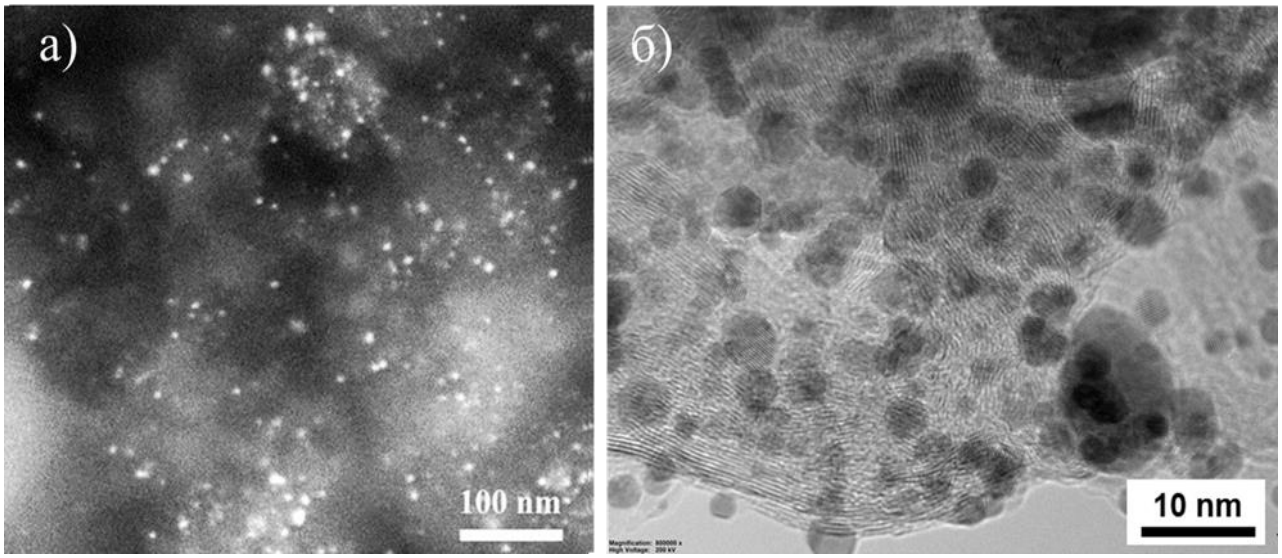


Рис. 1. Результаты исследования синтезированных гибридных наноструктур Pt/h-BN методами электронной микроскопии: (а) СЭМ изображение, (б) ПЭМ изображение.

По результатам статистического анализа ПЭМ изображений образца Pt/h-BN оценено распределение частиц Pt по размерам. Размер частиц Pt не превышает 10 нм, а средний размер составляет около 5 нм.

Исследование каталитической активности синтезированных материалов в реакции окисления монооксида углерода показало, что реакция начинается при температуре около 50 °C, а полная конверсия наступает при 184 °C.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 20-79-10286).

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ТЕКСТУРЫ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Кривенок Д.А.[1], Никульченков Н.Н.[1], Данилов С.В.[1, 2], Лобанов М.Л.[1, 3]

[1)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: darya_krivenok@mail.ru

THE CRYSTALLOGRAPHIC TEXTURE SIMULATION OF TMCP

Krivenok D.A.[1], Nikulchenkov N.N.[1], Danilov S.V.[1, 2], Lobanov M.L.[1, 3]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Metallurgy of UB RAS, Ekaterinburg, Russia
[3)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics

The TMCP crystallographic texture has been simulated. This texture arises as a result of hot austenite rolling and subsequent transformation into conformity with the ORs of Kurdjumov-Sachs. From the possible orientations of ferrite, the orientations arising on the austenite boundaries of CSL ∑3 were

В практическом большинстве полуфабрикатов и изделий из металлов и сплавов в процессе их производства в результате деформаций, структурных и фазовых превращений формируется кристаллографическая текстура. Знание законов возникновения и развития структурно-текстурных состояний в металлических материалах при деформационных и термических воздействиях открывает новые возможности по прогнозированию и, соответственно, управлению анизотропией физико-механических свойств функциональных изделий [1].

При полиморфных превращениях в металлических материалах внутри каждого зерна исходной фазы возникает несколько по-разному ориентированных зародышей новой фазы. При этом каждый из них связан с матричной фазой не произвольно, а одним из кристаллографически эквивалентных вариантов действующего ориентационного соотношения (ОС) [2]. Причем случайная реализация вариантов ОС должна приводить к возникновению большого числа ориентаций (12–24), то есть к «бестекстурному» состоянию материала. Однако, существование выраженной кристаллографической текстуры в стальных изделиях, в которых при обработке реализовывалось γ→α′(α)-превращение, является установленным экспериментальным фактом [3]. Причем, в случае производства контролируемой термомеханической обработкой (TMCP – Thermo Mechanical Controlled Processing) штрипсов, использующихся для магистральных трубопроводов, текстура оказывается ответственной за их трещиностойкость [3, 4].

Малое количество ориентаций, возникающих в процессе превращений, предполагает наличие в структуре исходной фазы ограничивающих факторов. Согласно [5] их роль выполняют зарождения новых зерен на кристаллографически

упорядоченных границах исходной фазы. Подобное зарождение однозначно определяет ориентацию зерен «дочерней» фазы.

Данная работа посвящена моделированию текстуры при фазовых превращениях, реализующихся в низколегированных сталях, при контролируемой термомеханической обработке. Текстура аустенита задавалась в виде стабильных деформационных ориентировок. С использованием матричного анализа в предположении, что ориентации феррита возникают в соответствие с ОС Курдюмова-Закса, рассчитывались все возможные ориентации α-фазы. Из них отбирались ориентации, возникающие на межзеренных аустенитных границах близких к Σ3 решетки совпадающих узлов. Результаты расчетов находятся в удовлетворительном согласии с экспериментальными данными.

Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента Российской Федерации (проект СП-3775.2021.1).

1. M. L. Lobanov, A. A. Redikul'Tsev, I. V. Kagan, O. V. Pervushina, G. M. Rusakov, The Physics of Metals and Metallography. 111, 479–486 (2011).
2. Н. Ю. Золотаревский, Е. В. Нестерова, А. С. Рубцов, В. В. Рыбин. Поверхность. Физика, химия, механика. №5. 30–35. (1982).
3. И. Ю. Пышминцев, А. О. Струин, Г. М. Гервасьев, М. Л. Лобанов, Г. М. Русаков, С. В. Данилов, А. Б. Арабей, Металлург, 4, 57-63, (2016).
4. I. Yu. Pyshmintsev, A. M. Gervasyev, R. H. Petrov, et al. Mater. Sci. Forum. 702–703, 770–773.5 (2012).
5. V. I. Pastukhov, A. V. Kozlov, M. L. Lobanov. Solid State Phenomena. 284, 253–258 (2018).

ПОЛЯРИЗОВАННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИ(9,9-ДИ-Н-ОКТИЛФЛУОРЕНИЛ-2,7-ДИИЛА) И КОМПЛЕКСОВ ЛАНТАНОИДОВ(III)

Крупин А.С.[1], Карякин М.Е.[1], Князев А.А.[1], Галяметдинов Ю.Г.[1]

[1)] Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

E-mail: krupin_91@mail.ru

POLARIZED LUMINESCENCE OF LIQUID CRYSTAL COMPOSITES BASED ON POLY(9,9-DI-N-OCTYLFLUORENYL-2,7-DIYL) AND LANTHANIDE COMPLEXES(III)

Krupin A.S.[1], Karyakin M.E.[1], Knyazev A.A.[1], Galyametdinov Yu.G.[1]

[1)] Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Planar-oriented films of composites based on PFO polymer and europium(III) complex were obtained and their luminescent properties were studied. The possibility of obtaining sources of polarized luminescence with adjustable luminescence intensity based on the materials obtained has been approved.

Основным практическим свойством жидких кристаллов (ЖК) является возможность получения упорядоченных сред с одноосным расположением молекул и поляризованных источников излучения на их основе. Благодаря этому они находят широкое применение в науки и технике, в различных устройствах молекулярной электроники для отображения и передачи информации. Жидкокристаллические соединения лантаноидов в этом аспекте представляют еще больший интерес, вследствие возможности объединения ориентационного поведения ЖК мезофазы с монохроматической люминесценцией некоторых ионов Ln^{3+} и создания мультифункциональных материалов с необычными практическими свойствами.

В данной работе апробирована возможность получения планарноориентированных пленок жидкокристаллических композитов на основе полимера PFO (поли(9,9-ди-н-октилфлуоренил-2,7-диила)) (рис. а) и полиморфного комплекса европия(III) (рис. б) и изучены их люминесцентные свойства [1].

Особенности строения комплекса европия(III) позволяют получать высокоэффективные композиты на основе сопряженных полимеров с равномерным распределением молекул комплекса в матрице полимера [2]. Наличие жидкокристаллических свойств у обоих соединений позволило получить ориентированные пленки и изучить их люминесцентные свойства. Для получения планарноориентированных пленок были выбран композит, содержащий 10 масс.% PFO и 90 масс.% комплекса Eu(III). Спектры поляризованной люминесценции полученных образцов были сняты при различных углах между плоскостью поляризации

фильтра и направлением ориентации молекул композитной плёнки (рис. в). При параллельной ориентации в спектрах наблюдается интенсивная люминесценция полимера PFO при 438 нм и комплекса Eu(III) при 613 нм. При изменении угла поляризации на 90 градусов интенсивность люминесценции существенно уменьшается и остается постоянной, что свидетельствует о присутствии в пленки неориентированных молекул комплекса Eu(III) и PFO. Дихроичное соотношение фотолюминесценции R (отношение интенсивностей люминесценции при 0º и 90º) для PFO составляет 5,4 на длине волны 438 нм, тогда как для Eu(III) R = 3,2 на длине волны 613 нм.

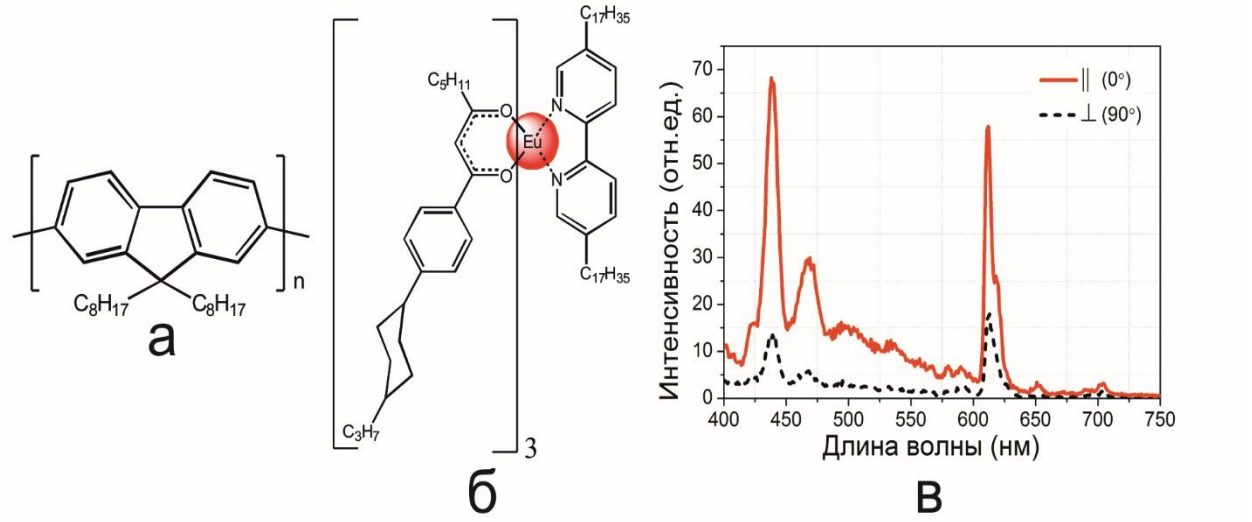


Рис. 1. Структура полимера PFO (а), полиморфного комплекса европия(III) (б) и спектры поляризованной люминесценции композита, содержащего 10 масс.% PFO и 90 масс.% комплекса Eu(III) при параллельной и перпендикулярной ориентации (в)

Полученные материалы могут найти применение в качестве компонентов органических светодиодов и оптоволокна, материалов для перестраиваемых лазеров с изменяемым узким излучением в широком диапазоне длин волн.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, грант № 20-73-10091

1. A. A. Knyazev, A. S. Krupin, A. P. Kovshik and Y. G. Galyametdinov Inorg. Chem. 60, Iss. 2, 660–670 (2021).
2. A. A. Knyazev, M. E. Karyakin, A. S. Krupin, K. A. Romanova and Y. G. Galyametdinov Inorg. Chem. 56, Iss. 11, 6067-6075 (2017).

INVESTIGATION ON ELECTROREDUCTION OF Cu(II) USING A NANOCOMPOSITE TRACK MEMBRANE ELECTRODE

Kuklin I.E.[1], Khlebnikov N.A.[1, 2], Polyakov E.V.[2], Barashev N.R.[2], Zdorovets M.V.[3]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Solid State Chemistry, Yekaterinburg, Russia
[3)] Institute of Nuclear Physics, Nur-Sultan, Kazakhstan
E-mail: Kuklin.ilya@urfu.ru

This article discusses the possibility of using nanocomposite track membranes (NCTM) with a current-conducting coating of titanium nitride as a porous cathode material suitable for the electrochemical reduction of copper (II) ions from its sulfate solution.

Membrane electrode materials are becoming popular in a number of chemical applications. A material with certain set of physicochemical properties is required. we are studying nanocomposite track membranes (NCTM) used in electrochemical processes [1].

We consider the possibility of using nanocomposite track membranes for detecting micro component solutions as well as their electrochemical extraction in this paper.

Polymer track-etched membranes of polyethylenterephthalate produced by the Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan were used in this paper. The thickness and the pore diameter of track-etched membranes were 19 μm and 0,4 μm, respectively. Ti(N,O) coating was sputtered on the track-etched membrane surface by the ion-plasma method.

During the electrochemical experiments we employed nanocomposite track membranes as a cathode and glass-graphite electrode as the anode. The cathode was placed in a crucible with a sulfate solution of $CuCl_2$ * $2H_2O$ with concentration of 100 mg / l. The experiment was conducted at a constant voltage (U = 1.5 V) under normal conditions. To determine the concentration change of copper during the electrochemical extraction, a solution was taken from the crucible using pipette during 60 minutes. The voltammetric parameters of the process were recorded in the experiment. The changes of elements concentrations in the solution were determined by mass spectroscopy. The copper was precipitated on the surface of the NCTM during the experiment (Fig.1). The copper concentrate morphologies were studied by scanning electron microscopy

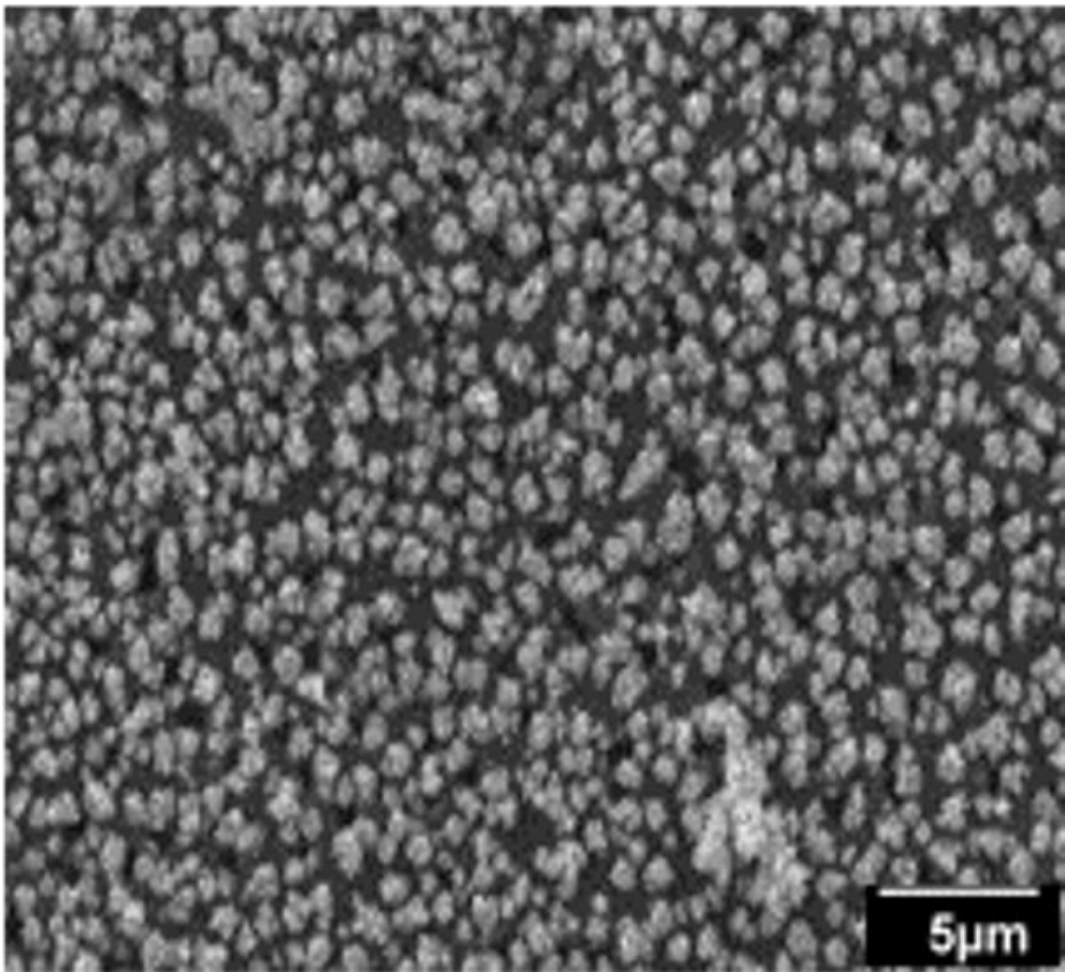


Fig. 1. Changing in the morphology of NCTM after deposition of the copper from solution after 1000s of deposition

As result, the time dependences on copper concentration in the electrolyte and the current-voltage diagrams were studied. The morphologies of the copper on the surface of the nanocomposite track membrane were determined as a function of the deposition time. The possibility of NCTM applications as a membrane electrode material was discussed.

1. H. Mizuguchi, K. Sasaki, H. Ichinose, S. Seino, J. Sakurai, M. Iiyama and J. Shida: Bulletin of the chemical society of Jap. 90, 1211-1216 (2017)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ПРИ ОСАЖДЕНИИ НА 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 THE STIRRING SPEED PRECIPITATION ON GRANULOMETRIC COMPOSITION 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 the stirring speed of the reaction volume on granulometric composition of hydroxide and oxide chromium particles was investigated. Mechanisms of particle aggregation were investigated by constructing of population balance.

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 для создания покрытий предъявляются требования – узкофракционный размер частиц 20-60 мкм, высокая текучесть, сферическая форма. Основным методом получения порошков является осаждение [2], поэтому важно исследовать влияние условий осаждения на свойства порошков оксида хрома.

Гидроксид хрома получали методом осаждения, для этого использовали раствор сульфата хрома 0,1М и водный раствор аммиака 2,5%. Осаждение вели путем одновременного дозирования кислого раствора хрома и водного раствора аммиака в общий объем реактора при постоянном значении pH. Проводили варьирование скорости перемешивания реакционного объема от 110 до 800 rpm. Длительность осаждения составляла 100 мин, в течение осаждения отбирали пробы. Затем полученную суспензию подвергали фильтрации и термической обработке при 700°C.

Механизмы агрегирования частиц изучали посредством построения кривых популяционного баланса. На начальных этапах осаждения меньше всего первичных частиц имеет образец 400 rpm, при этом они самые крупные и растут быстрее всего, к окончанию осаждения достигают 25 мкм с дисперсией размеров 1,04. При 110 rpm количество частиц больше, при этом они меньшего размера, их много, система по ним насыщенная, первичное агрегирование заканчивается позже, поэтому они дорастают до меньшего размера к концу осаждения 24 мкм, дисперсия – 1,5. С ростом скорости перемешивания выше 400 rpm количество

первичных агрегатов возрастает, их образуется больше, при этом меньшего размера. У образца 800rpm наименьший размер частиц к окончанию осаждения 17,5 мкм, дисперсия 1,7. Можно сделать вывод, что при низких оборотах на начальном этапе формируется большое количество первичных агрегатов, которые к концу осаждения не успевают сформироваться в прочные агрегаты. При высоких оборотах наоборот, агрегируют очень быстро в плотные агрегаты и новые зародыши наращиваются на них.

После обжига, размер частиц образца 110rpm составил 8 мкм, 200 rpm – 13,7 мкм, 400 rpm – 18,3 мкм, 600rpm – 15 мкм, 800rpm – 9,7 мкм. Наибольшую дисперсию размеров имеют образцы 110 rpm – 2,2, 800rpm – 1,8, наименьшая дисперсия у образцов 400rpm и 600rpm – 1,1. Слабосвязанные агрегаты на 110rpm и 200rpm рассыпались – резко выросла дисперсия размеров и уменьшился размер частиц, при 400 и выше оборотов – размер частиц уменьшился на 5-7 мкм, при этом дисперсия выросла незначительно, следовательно, они не распались, а просто спеклись плотнее при обжиге.

Частицы, полученные при скорости перемешивания 400rpm, оказались наиболее крупными, стабильными, они не изменили свою форму и их размер уменьшился незначительно, вследствие того, что в агрегатах образуются более прочные связи, частицы гидроксидов хрома плотнее и меньше подвержены разрушению в процессе обжига.

Работа выполнена при финансовой поддержке постановления №211 Правительства Российской Федерации, контракт № 02.A03.21.0006.

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).

СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В АРМИРОВАННЫХ ГРАФЕНОМ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИТАХ TI/G

Курбанова Э.Д.[1], Полухин В.А.[1]

[1)] Институт Металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: kurbellya@mail.ru

STRUCTURE AND PHASE TRANSFORMATIONS IN GRAPHENE-REINFORCED COMPOSITES TI/G

Kurbanova E.D.[1], Polukhin V.A.[1]

[1)] Institute of Metallurgy of Ural Branch Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

It has been shown that micro-and nanostructural hardening with the formation of specific deformation shear zones that cause a reduction in the fraction of the free volume and the formation of strengthening nanophase heterogeneities as a result of partial nanocrystallization transferring metal glasse

Методом молекулярной динамики исследованы термостабильность, прочность и деформационные механизмы армированных графеном металлокомпозитов Ni_60Nb_40-xTi_x (x=0.40). Выявлено, что по мере увеличения содержания Ti область переохлажденного расплава ΔT_x ($=T_x-T_g$) и снижение температуры стеклования (T_g/T_l) заметно, так что значения T_x =54 K и T_g/T_l=0,622 достигаются при 22,5% Ti и 15% Ti соответственно, а соотношения T_x и T_g/T_l постепенно убывают. Значения T_x для объемных аморфных сплавов в зависимости от содержания Ti составляли 859 K и 906 K, соответственно [1].

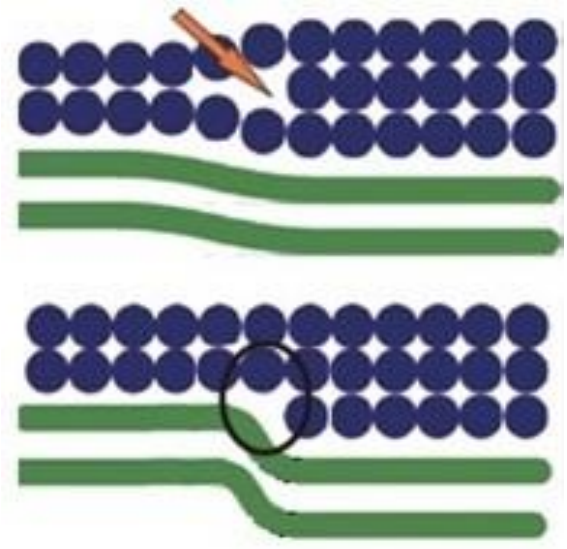


Рис. 1. Механизм блокирования армирующими листами графена движений дислокаций в слоях и сдвиговых деформационых зон в кристаллических или аморфных нанопленках на графене. Стрелкой указано направление нагрузки.

Таким образом в металлических стеклах с преимущественно металлическими межатомными связями и относительно малой долей ковалентных в отсутствии трансляционной симметрии деформационные нагрузки ведут к диссипации напряжений и «размывания», перестройки возникших структурных кластерных неоднородностей [2,3] и их последующей плавной релаксацией на атомном уровне с реформированием ближнего (топологического) порядка и перераспределением локальных свободных объемов, рисунок 1.

Для аморфных сплавов на основе переходных металлов энергия деформационного напряжения в STZ - конфигурационном объеме и температуре стеклования T_g составляет от 1 до 5эВ (т.е. не выше 130kB×T_g). Реализован также дизайн армирования графеном покрытием его листами металлических нанопленок в слоистых композитах, а в матричных - диспергированием графеновых наностопок перед закалкой расплавов. Благодаря графену, во-первых, достигаются скорости заряда переноса в интерфейсных зонах слоистых нанокомпозитов: ~15×10 в 3 $см^2$/(B×S) с омическим сопротивлением ~350 Ω/S). А во-вторых, синтезируются материалы с ранее недостижимым прочностным характеристикам – высокой прочности связей на разрыв (130 ГПа, модуль Юнга гексагональных плоскостей ~1 ТПа [4] с инициацией сети (перекоординацией связей) флуктуационных дефектов - узлов Стоуна–Уэлса (с локально повышенной энергетикой крестообразных координаций - двух 5- и двух 7-угольников из вращающихся связей). В результате перераспределения такой энергии в интерфейсе графена и адтомов плоскостей Ti преодолеваются диффузионные барьеры (ΔE_diff) и обеспечивается реструктуризация поврежденных треками частиц радиационных распадов участков такого конструкционного материала нового типа. Точки плавления Ti/G слоистых нанокомпозитов сдвигаются более чем на1000K в сравнении с точкой плавления макрообразов чистых металлов, а также и самых жаропрочных современных никель-титановых сплавов (лопаток авиационных турбин) [4]. Так что помимо улучшения прочностных характеристик резко повышается и устойчивость таких слоистых композитов к термическим воздействиям и разрушению интерфейсной структуры (Ti/G),

Работа выполнена по Государственному заданию ИМЕТ УрО РАН в рамках Программы фундаментальных исследований государственных академий (тема 19-2), регистрационный номер проекта № 0396-2019-0002.

1. V.A. Polukhin, S.Kh. Estemirova, E.D. Kurbanova, AIP Conference Proceedings, V.2315, P.050019(1-4), (2020)
2. I.A. Ovid'ko, Reviews on Advanced Materials Science 38, № 2, 190–200 (2014).
3. A. H. Suzuki, T. Yukawa, Y. Nambu, Y. Matsumoto, Materials Transactions 57, I.10, 1823–1831 (2016).
4. C. A. Schuh, T.C. Hufnagel, U. Ramamurty, Acta Materialia 55, No. 144, 4067–4109 (2007).

THE EFFECT OF TiO_2 CALCINATION FOR CuS/TiO_2 PHOTOCATALYST ON HYDROGEN EVOLUTION RATE

Kurenkova A.Yu[1], Zhurenok A.V.[1], Saraev A.A.[1], Kozlova E.A.[1]

[1)] Boreskov Institute of Catalysis, Novosibirsk, Russia

E-mail: kurenkova@catalysis.ru

The active titania-based photocatalysts has been synthesized via thermal activation of titanium dioxide and cupper deposition on the titania surface. These photocatalysts has been characterized of XRD and XPS techniques and tested in the hydrogen evolution reaction under UV-light irradiation.

Hydrogen seems to be an attractive alternative to traditional energy sources, but it exists in nature in the form of compounds with other elements. Water is an ideal hydrogen source. One of the effective ways for hydrogen production from water is photocatalysis on semiconductors, for example, titanium dioxide. As compared to other semiconductor photocatalysts, titanium dioxide has shown the most promise for practical applications because of its high photoreactivity, good stability, and low cost. The addition of metal particles as co-catalyst promotes to the enhance of hydrogen evolution rate due to heterojunction formations that leads to the efficient charge separation and the increased reaction efficiency [1]. Also, the calcination treatment is known to effect on photocatalytic properties of titanium dioxide [2].

The aim of present work was to synthesize a series of titanium dioxide-based photocatalyst with deposited Cu particles and to study their photocatalytic activity. The synthesis included the variation of titanium dioxide calcination temperature in the range of 600-700 °C and the content of Cu in the range of 1-10 wt.%. To prepare the photocatalysts, we used commercial Evonik Aeroxide P25. Fresh Aeroxide consists of multiphase TiO_2 nanoparticles containing anatase, rutile, and a small amount of amorphous TiO_2. The thermal activation of titania was performed by calcination in air at 600, 650, or 700 °C in a programmable electric furnace. This heat treatment was performed for approximately 6 h. The Cu/TiO_2 photocatalysts were prepared by impregnation of calcinated titania with an aqueous solution of $Cu(NO_3)_2$ followed by reduction in an aqueous solution of $NaBH_4$ at room temperature.

The results of kinetic experiments are shown in figure 1.

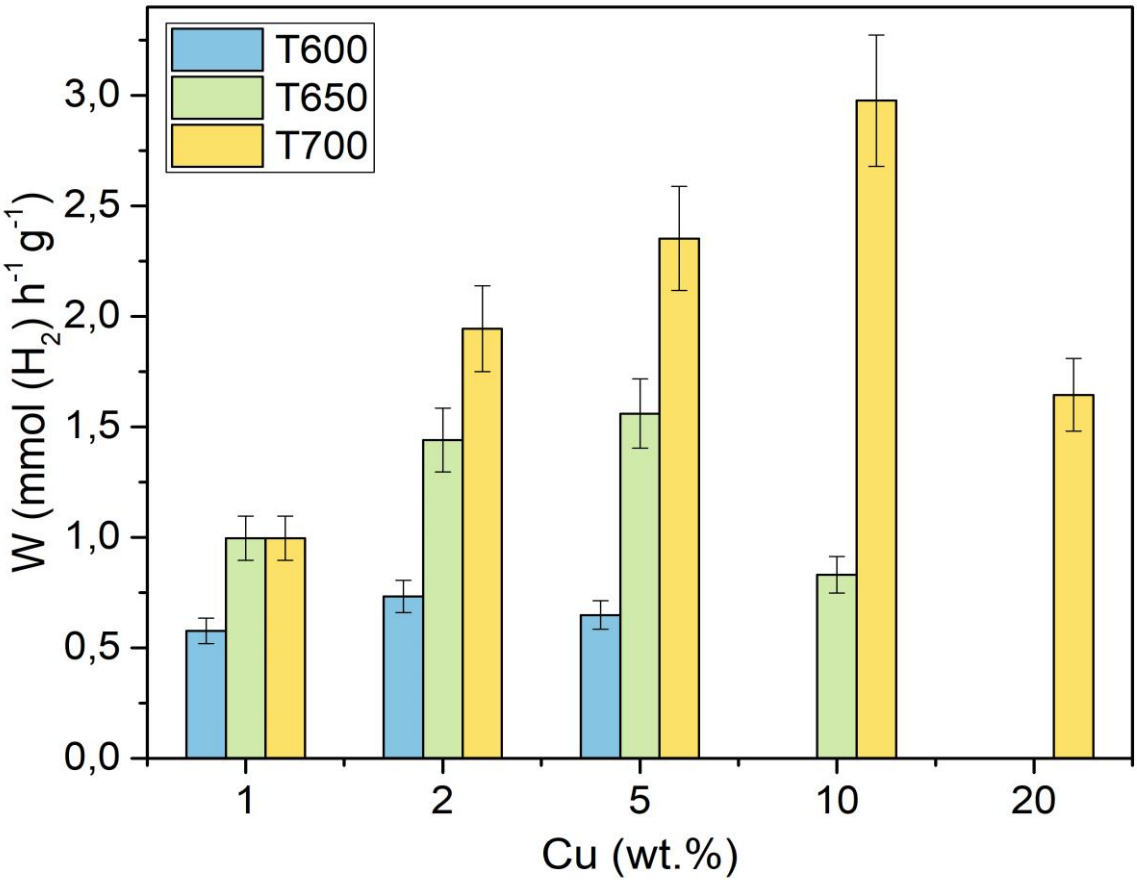


Fig. 1. The hydrogen evolution rate over synthesized photocatalysts.

It could be seen the calcination has a strong positive effect on the photocatalytic activity. The maximum hydrogen evolution rate is equal to 3.0±0.3 mmol H_2 h^{-1} g^{-1}.

This work was supported by Russian Science Foundation (grant #19-73-20020).

1. A. Kudo and Y. Miseki, Chem. Soc. Rev. 38, 253-278 (2009).
2. A. Yu. Kurenkova, A. M. Kremneva, A. A. Saraev, V. Murzin, E. A. Kozlova and V. V. Kaichev, Catal. Lett. (2020). https://doi.org/10.1007/s10562-020-03321-w

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ДОПИРОВАННЫХ АЛМАЗНЫХ ПЛАСТИН МЕТОДАМИ ПОЗИТРОННОЙ АННИГИЛЯЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Кузив И. В.[1], Капустин С. Н.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия.

E-mail: i-kuziv@yandex.ru

INVESTIGATION THE PROPERTIES OF DOPED DIAMONDS BY POSITRON ANNIHILATION SPECTROSCOPY

Kuziv I. V.[1], Kapustin S. N.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

Difference defects in crystalline materials can impart certain mechanical, thermophysical, electromagnetic or quantum properties. PAS is a non-destructive method of detecting open-volume defects in crystalline materials such as vacancies, vacancy clusters, microvoids or dislocations.

Проведены исследования по определению концентрации наноразмерных дефектов в виде вакансии, бивакансии, а также в виде NV-центров в монокристаллических алмазных пластинках, изготовленных при различных условиях по методам позитронной аннигиляционной спектроскопии [1]. Проведен сравнительный анализ дефектоскопии допированных алмазов различными методами.

В качестве материала исследования были выбраны монокристаллические алмазные пластины, изготовленные при различных условиях. Определенные дефекты в виде NV-центров придают монокристаллической алмазной пластине особые теплофизические, электромагнитные, а также квантовые свойства [2, 3]. При исследовании монокристаллических алмазных пластин особое внимание должно быть уделено составу и концентрации примесей, особенностям точечных и протяженных дефектов, а также качеству поверхности.

Позитронная аннигиляционная спектроскопия – это неразрушающий метод дефектоскопии, такая спектроскопия уникальна своей чувствительностью к дефектам кристаллической решетки.

Первая часть эксперимента состояла в подготовке монокристаллических алмазных пластин, изготовленных при различных условиях. Вторая часть эксперимента состояла в исследовании таких пластин на источнике позитронов методом измерения среднего времени жизни позитронов в материале, а также исследовании таких пластин на пучке позитронов методом допплеровской спектроскопии.

В результате эксперимента были изучены электрофизические свойства алмазных пластин, получены зависимости проводимости таких пластин от температуры и частоты при различных степенях допирования. Были получены данные позитронной аннигиляционной спектроскопии методом измерения времени

жизни, показывающие концентрации дефектов в кристаллической решетке монокристаллических алмазных пластинах.

В ходе доклада будут подробно рассмотрены полученные данные о свойствах монокристаллических алмазных пластинах при различных степенях допирования для возможного использования таких пластин в квантовой сенсорике.

Работа поддержана государственным заданием РФ, №0793-2020-0005 и Российским Научный Фондом, № 20-72-10151.

1. I. Prochazka,, Materials Structure, 8, 55-60 (2001)
2. Marcus W. Doherty, Physics Reports, 528, 1-45 (2013)
3. S. V. Bolshedvorskii , ACS Applied Nano Materials, 2, №8, 4765-4772 (2019)

ВЛИЯНИЕ АРХИТЕКТУРЫ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ TI-AL-TA-N НА ИХ МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Кузьминов Е.Д.[1, 2], Шугуров А.Р.[1]

[1)] Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия
[2)] Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

E-mail: evgenij_kuzminov00@mail.ru

THE EFFECT OF MULTI-LAYER ARCHITECTURE OF TI-AL-TA-N BASED COATINGS ON THEIR MECHANICAL AND TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS

Kuzminov E.D.[1, 2], Shugurov A.R.[1]

[1)] Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS, Tomsk, Russia
[2)] Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

It is shown that the H and E of multilayer composites Ti-Al-Ta-N/Ti-Al are reduced in comparison with a single-layer coating. At the same time, optimization of the architecture of multilayer coatings made it possible to increase their wear resistance by 40% compared to the Ti-Al-Ta-N coating.

Развитие технологий обработки материалов требует дальнейшего повышения твердости, износостойкости, термической стабильности и стойкости окислению защитных покрытий, которые наносят на детали и инструменты, испытывающие высокие механические нагрузки. Основными направлениями решения данной проблемы является легирование покрытий дополнительными элементами, а также нанесение многослойных композиций, состоящих из чередующихся слоев различных типов материалов [1]. При этом свойства многослойных покрытий существенно зависят от их архитектуры. Целью данной работы являлось изучение

влияния количества и толщины слоев в многослойных покрытиях Ti-Al-Ta-N/Ti-Al на их механические и трибологические характеристики.

Покрытия системы Ti-Al-Ta-N наносили методом реактивного магнетронного распыления на подложки из технически чистого титана. Были исследованы многослойные композиции $Ti_{0,41}Al_{0,49}Ta_{0,10}N/Ti_{0,45}Al_{0,55}$, состоящие из 7 (4/3) и 15 слоев (8/7), а также однослойное покрытие $Ti_{0,41}Al_{0,49}Ta_{0,10}N$. Толщина керамических/металлических слоев составляла 0,7/0,1 и 0,6/0,2 мкм в семислойных композициях, и 0,3/0,1 мкм в покрытиях, содержащих 15 слоев. Общая толщина покрытий составляла 3,0-3,1 мкм.

Установлено, что уменьшение отношения толщин керамических и металлических слоев привело к снижению твердости H и модуля Юнга E семислойного покрытия $Ti_{0,41}Al_{0,49}Ta_{0,10}N/Ti_{0,45}Al_{0,55}$ с 27,6 и 306 ГПа до 26,0 и 301 ГПа соответственно. Еще более значительное падение механических характеристик произошло при увеличении общего количества слоев с 7 до 15: H и E снизились до 18,9 и 256 ГПа соответственно. Таким образом, твердость и модуль Юнга всех многослойных покрытий оказались меньше, чем у однослойного покрытия $Ti_{0,41}Al_{0,49}Ta_{0,10}N$ (30,0 и 346 ГПа). Это обусловлено вкладом металлических слоев, обладающих существенно более низкими твердостью и модулем Юнга, в механический отклик покрытий, а также падением несущей способности и изгибной жесткости последних с уменьшением толщины керамических слоев.

Анализ внутренней микроструктуры покрытий методом просвечивающей электронной микроскопии показал, что слои $Ti_{0,41}Al_{0,49}Ta_{0,10}N$ обладают выраженной столбчатой зеренной структурой. При этом чередование керамических и металлических слоев эффективно подавляет рост столбчатых зерен через всю толщину покрытия. В каждом новом слое Ti-Al-Ta-N на границе с нижележащим слоем Ti-Al происходит образование зародышей и рост новых зерен, что способствует уменьшению их поперечного размера.

Изучены закономерности изнашивания покрытий в условиях сухого трения. Установлено, что износостойкость семислойных покрытий $Ti_{0,41}Al_{0,49}Ta_{0,10}N/Ti_{0,45}Al_{0,55}$ (0,7/0,1 мкм) на 40 % выше, чем у покрытия $Ti_{0,41}Al_{0,49}Ta_{0,10}N$. Основными причинами повышения износостойкости многослойных покрытий является подавление роста столбчатых зерен через всю толщину покрытия, а также наличие границ раздела между слоями, которые способствует отклонению трещин, обеспечивая снижение скорости их распространения в глубь покрытия.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант №18-19-00589).

1. Gholizadeh M., Kuptsov K.A., Shvyndina N.V., Shtansky D.V. Multilayer SiBCN/TiAlSiCN and AlOx/TiAlSiCN coatings with high thermal stability and oxidation resistance // Surf. Coat. Technol. (2017) 319, 277–285

МЕТОД ЭДС КАК ПРОСТОЙ ИНСТРУМЕНТ В ИЗУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ ИНТЕРКАЛАТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРИАДЫ ЖЕЛЕЗА (Me_XTiSe_2)

Кузнецова А. Ю.[1, 3], Суслов Е. А.[2], Титов А. Н.[1, 3]

[1)] Уральский федеральный университет им. Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Институт физики металлов им. М. Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: cuznecova89634485295@mail.ru

EMF METHOD AS A SIMPLE TOOL IN STUDYING THE ELECTRONIC STRUCTURE OF INTERCALATE COMPOUNDS OF THE IRON TRIAD (Me_XTiSe_2)

Kuznetsova A. Yu.[1, 3], Suslov E. A.[2], Titov A. N.[1, 3]

[1)] Ural Federal University named after B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia
[3)] Institute of Metal Physics named after M. N. Mikheeva Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The EMF method can be used to study the electronic structure and studying phase equilibria. Classical electrochemical cells and modified cells were used. Intercalate systems Me_xTiSe_2, where the intercalated metal is included in the iron triad (Me = Fe, Ni, Co), were studied by the EMF method.

Метод ЭДС зарекомендовал себя в получении информации об электронной структуре и изучении фазовых равновесий слоистых интеркалатных соединений. Для изучения фазовых равновесий используются классические электрохимические ячейки вида $Li|Li^+|Li_xTiSe_2$. Благодаря им можно получить данные об изотермическом разрезе фазовой диаграммы системы. При этом используются и модифицированные электрохимические ячейки ($Li|Li^+|Fe_xTiSe_2$ и $Na|Na^+|Fe_xTiSe_2$). Используя эти ячейки, можно получить представления об электронной структуре изучаемой фазы [1, 2]. По изменению характера зависимости $E \sim f(x)$ можно определить точку изменения природы связей в системе. Таким образом, были изучены методом ЭДС интеркалатные системы Me_xTiSe_2, где интеркалируемый металл входит в триаду железа (Me=Fe, Ni, Co).

В данной работе были использованы модифицированные ячейки вида $M|M^+|Me_xTiSe_2$ (где M – подвижный щелочной металл, Me – металл триады железа) так как равновесие в интеркалатных системах триады железа достигаются долго из-за низких коэффициентов диффузии этих элементов. В качестве электролита использовали безводные растворы CuJ в ацетонитриле и $NaClO_4$ в пропиленкарбонате.

На рисунке приведены зависимости ΔE электрохимических ячеек для систем Ni_xTiSe_2 и Fe_xTiSe_2 от содержания интеркалированного металла (x). Основываясь

на анализе характера зависимостей, можно говорить, что в обеих системах имеется изменение характера химической связи между матрицей $TiSe_2$ и интеркалированным металлом. Изменение природы связи начинаются в области критической точки x=0,25. Из данных спектрального анализа было установлено, при составе $Fe_{0,25}TiSe_2$ разрываются связи Ti-Fe-Ti, но при этом происходит образование новой связи Fe-Fe. Это объясняется тем, что железо Fe^{2+}, имеющее заполненные орбитали $3d_z^2$,$3d_{x^2-y^2}$ и $3d_{xy}$, которые направлены только на атом титана и другие атомы железа. В системе Ni-$TiSe_2$ орбитали атомов никеля взаимодействуют с орбиталями и титана и селена. Разница в характерах зависимостей связана с особенностями взаимодействия интеркалированного атома и матрицы.

На основе совокупности данных по системам триады железа можно предположить, что взаимодействия между атомами в системе Co-$TiSe_2$ будут похожи с рассмотренными ранее системами. Однако, характер изменения зависимости значений ЭДС от содержания кобальта покажет, какие именно связи более характерны для данной системы. Точку перехода для Co_xTiSe_2, где образуются цепочки Co-Co, можно ожидать в интервале составов $0,25<x<0,4$.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Спин», № АААА-А18-118020290104-2)

1. A.S. Shkvarin, Y. M. et al. // RSC Advances 2016. V. 6, P. 106527-106539.
2. Suslov E. A. et al. //Ionics. – 2016. – V. 22. – №. 4. – P. 503-514.

СИНТЕЗ И СТРУКТУРА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Nd_{1-X}Ba_XCo_{1-Y}Fe_YO_{3-D}$

Легонькова В.С.[1], Аксенова Т.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: lego25122000@mail.ru

SYNTESYS AND STRUCTURE OF THE $Nd_{1-X}Ba_XCo_{1-Y}Fe_YO_{3-D}$ SOLID SOLUTION

Legonkova V.S.[1], Aksenova T.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The homogeneity range and crystal structure of the solid solution $Nd_{1-x}Ba_xCo_{1-y}Fe_yO_{3-d}$ with x=0.05; 0.1; 0.2; 0.7; 0.8 and 0.1<=y<=0.9 have been studied by the X-ray power diffraction method. The structural parameters of complex oxides have been refined by full-profile Rietveld method.

Многокомпонентные твердые растворы на основе ферритов/кобальтитов редкоземельных и щелочноземельных металлов являются объектом многочисленных исследований в связи с возможностью их практического применения в различных областях техники.

Для определения областей гомогенности и кристаллической структуры твердых растворов общего состава $Nd_{1-x}Ba_xCo_{1-y}Fe_yO_{3-d}$ по глицерин-нитратной технологии были получены образцы с x=0.05; 0.1; 0.2; 0.7; 0.8 и 0.1<=y<=0.9.

По результатам рентгенофазового анализа установлено, что однофазные оксиды $Nd_{1-x}Ba_xCo_{1-y}Fe_yO_{3-d}$ образуются в интервале составов 0.8<=y<=1.0 при x=0.05; 0.7<=y<=1.0 при x=0.7 и 0.4<=y<=0.9 при x=0.8.

Дифрактограммы медленно охлажденных с 1373 K на воздухе до комнатной температуры кобальтитов $Nd_{1-x}Ba_xCo_{1-y}Fe_yO_{3-d}$ с x=0.05 и 0.8<=y<=1.0, подобно незамещенному ферриту $NdFeO_{3-d}$, были проиндексированы в рамках орторомбически искаженной перовскитоподобной ячейки (пр. гр. Pbnm), тогда как барий обогащенные твердые растворы $Nd_{1-x}Ba_xCo_{1-y}Fe_yO_{3-d}$ с x=0.7 и 0.7<=y<=1.0 и x=0.8 и 0.4<=y<=0.9 кристаллизовались в идеальной кубической структуре (пр. гр. Pm3m).

Рентгенограммы образцов $Nd_{1-x}Ba_xCo_{1-y}Fe_yO_{3-d}$ с x=0.1; 0.2 и 0.1<=y<=0.9 содержали в равновесии два типа твердых растворов с орторомбической (пр. гр. Pbnm) и тетрагональной (пр. гр. P4/mmm) структурой, а с x=0.7 и 0.4<=y<=0.6 и x=0.8 и y=0.3 – с кубической (пр. гр. Pm3m) и тетрагональной (пр. гр. P4/mmm) структурой.

Для всех однофазных составов $Nd_{1-x}Ba_xCo_{1-y}Fe_yO_{3-d}$ из рентгенографических данных были рассчитаны параметры элементарных ячеек. Установлено, что замещение кобальта на железо приводит к монотонному увеличению параметров a, b, c и объема элементарной ячейки, что связано размерным эффектом: замещение

ионов кобальта ($r_{Co}^{3+}/_{Co}^{4+}$ = 0.75/0.67 Å, к.ч. = 6) большими по размеру ионами железа ($r_{Fe}^{3+}/_{Fe}^{4+}$ = 0.785/0.725 Å, к.ч. = 6).

Методом термогравиметрического анализа для $Nd_{0.2}Ba_{0.8}Co_{1-y}Fe_yO_{3-d}$ y=0.5; 0.7 и 0.9 получены зависимости кислородной нестехиометрии от температуры в интервале 298–1373 K на воздухе. Абсолютные значения содержания кислорода в образцах определены методом йодометрического титрования в пяти параллелях. Показано, что содержание кислорода в твердых растворах незначительно увеличивается с увеличением содержания железа.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение №075-15-2019-1924).

СТЕПЕНЬ КРИСТАЛЛИЧНОСТИ СУБФОССИЛЬНЫХ БИОГЕННЫХ АПАТИТОВ ПО ДАННЫМ ИНФРАКРАСНОЙ ФУРЬЕ СПЕКТРОСКОПИИ

Лепеха С.В.[1], Киселёва Д.В[1], Косинцев П.А.[2]

[1)] Институт Геологии и Геохимии им. академика А.Н.Заварицкого УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

[2)] Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: Kurganka_@bk.ru

THE DEGREE OF CRYSTALLINITY OF SUB-FOSSIL BIOGENIC APATITE ACCORDING TO FTIR SPECTROSCOPY

Lepekha S.V.[1], Kiseleva D. V.[1], Kosintsev P. A.[2]

[1)] Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia

[2)] Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia

In this work, we estimated the crystallinity of biogenic apatites from the Ust-Poluy locality by FTIR spectroscopy. All samples show the presence of collagen and a low degree of fossilization.

Твёрдые костные останки, представляющие собой биогенный апатит, являются основным источником информации в палеонтологии, палеобиологии и археологии. Однако, с течением времени ткани нередко претерпевают химические и структурные изменения в зависимости от среды захоронения.

Для количественной оценки степени кристалличности апатитов биогенного происхождения применяют структурные методы анализа, такие как рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы, инфракрасную Фурье спектроскопию и спектроскопию комбинационного рассеяния света [1,2,3].

В данной работе мы провели оценку степени кристалличности биогенного апатита с помощью инфракрасного Фурье спектрометра Spectrum One фирмы

Perkin Elmer. Были исследованы субфоссильные кости и рога северных оленей из Арктической зоны Западной Сибири (святилище Усть-Полуй, Салехард, Россия), которые копились в течении 500 лет, а также череп и рог современного северного оленя с территории Приполярного Урала. Для измерений навески порошковых проб прессовали в таблетки с KBr. Регистрацию поглощения проводили в средней ИК области в диапазоне волновых чисел 450-4000 $см^{-1}$, с разрешением 4 $см^{-1}$.

Спектры всех проб содержат пики колебаний PO_4^{3-}, CO_3^{2-} и OH^- групп. Зафиксировано наличие полос коллагена (рис. 1). Кристалличность костных останков (параметр IRSF) оценили, используя подход, описанный в [4], который основан на соотношении суммы линейных интенсивностей полос 563 $см^{-1}$ и 603 $см^{-1}$ к минимуму их наложения 588 $см^{-1}$. Значения параметра IRSF варьируют от 2,99 до 4,31 отн. ед.

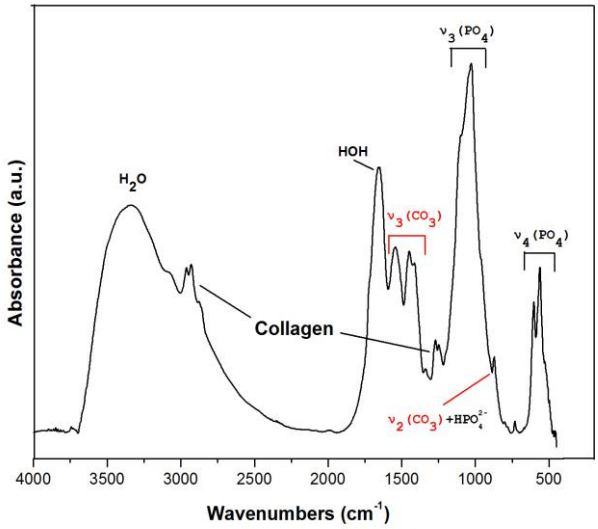


Рис. 1. Инфракрасный спектр поглощения субфоссильных костных останков.

Наличие полос коллагена в инфракрасных спектрах и сравнительно близкие значения по степени кристалличности между палеонтологическими образцами и костным материалом современного оленя, указывают на невысокую степень фоссилизации останков. Данные результаты согласуются с исследованиями в работе [1] по рентгеноструктурному анализу.

Работа выполнена в ЦКП УрО РАН «Геоаналитик» в рамках темы № АААА-А18-118053090045-8 государственного задания ИГГ УрО РАН и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-09-00194 А.

1. А.Д. Рянская, Д.В. Киселева, П.А. Косинцев, О.П. Бачура, А.В. Гусев, Рентгеноструктурный анализ биогенного апатита (на примере археологических скелетных остатков северного оленя из местонахождения Усть-Полуй, Салехард), Металлогения древних и современных океанов. 1, 237-276 (2020).

2. A. Grunenwald, C. Keyser, A.M.Sautereau, E.Crubézy, B.Ludes, C.Drouet, Revisiting carbonate quantification in apatite (bio)minerals: a validated FTIR methodology, J. of Archaeological Science. 49, 134-141 (2014).
3. W. J. Pestle, F. Ahmad, B. J. Vesper, G. A. Cordell, M. D.Colvard, Ancient bone collagen assessment by hand-held vibrational spectroscopy, J. of Archaeological Science. 42, 381-389 (2014).
4. S. Weiner, O. Bar-Yosef, States of preservation of bones fromprehistoric sites in the Near East: asurvey, J. Archaeol. Sci. 17, 187–196 (1990).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ФАЗОВОГО ПОЛЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ОБЪЕМНОГО СИНТЕЗА

Лоос Е.М.[1], Анимимова М.А.[2]

[1)] Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия
[2)] ИФПМ СО РАН, г. Томск, Россия
E-mail: loos.katya@yandex.ru

USING THE PHASE FIELD METHOD FOR MODELING OF THE MATERIALS STRUCTURE UNDER VOLUMETRIC SYNTHESIS CONDITIONS

Loos E.M.[1], Anisimova M.A.[2]

[1)] National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia
[2)] ISPMS SB RAS, Tomsk, Russia

In this work, an attempt has been made to build a two-level model of volumetric synthesis using the phase field at the micro level. The main task of this work is to study the kinetic regularities of phase growth depending on the way of setting structure and on the size of the structural element.

Синтез новых материалов из порошков металлов или металлов и неметаллов может быть осуществлен в разных режимах. Среди них тепловой взрыв, горение, управляемый послойный или объемный синтез. В классических работах синтез в условиях линейного или нелинейного нагрева называют динамическим тепловым взрывом. Однако именно тепловой взрыв реализуется не всегда. Объемный синтез новых материалов сопровождается не только изменением состава, но и формированием структуры. Попытки

описания формирования структуры в процессе синтеза в литературе связаны с выделением так называемых реакционных ячеек, условная структура которых связывается с размером тугоплавких частиц и долей легкоплавкого компонента.

К настоящему времени известны более или менее обоснованные модели для простейших бинарных систем, типа Ti-C; Ta-C; Zr-Al, Hf-B, Ni-Al; Ti-Al. В общем случае выделение реакционных ячеек неоднозначно, зависит от условий синтеза и динамики изменения температуры.

В настоящей работе предпринята попытка построить двухуровневую модель объемного синтеза с использованием для описания фазовых и структурных превращений на микроуровне (в реакционной ячейке) метода фазового поля. Этот метод сам по себе в настоящее время активно применяется в разных областях науки о материалах для описания процессов структурообразования, спекания, разрушения и т.п. Метод

обосновывается в термодинамике необратимых процессов и имеет много общего с теорией Ландау фазовых переходов второго рода и базируется на введении дополнительных термодинамических параметров и параметра порядка (скалярной, векторной или тензорной природы). В основе метода фазового поля лежит использование специальных структурных параметров.

В простейших вариантах метод фазового поля позволяет изучить эволюцию микроструктуры вследствие разделения фаз, исходя из некоторого начального состояния. Направление модификации структуры определяется

вторым законом термодинамики. Начальная структура может быть задана случайным образом или иметь конкретный вид, полученный из экспериментальных данных. Изменяя способы задания начальной структуры, устанавливается зависимость кинетики роста фаз

от начальных условий. Основная задача данной работы – изучить кинетические закономерности роста фаз в зависимости от способа задания случайной структуры, а также от размера выделенного структурного элемента. Это поможет осуществить выбор варианта реакционной ячейки для описания объемного синтеза композита.

Авторы благодарят д.ф.-м.н. Князеву Анну Георгиевну (научного руководителя) за постановку проблемы и обсуждение результатов.

1. Некрасов Е.А., Смоляков В.К., Максимов Ю.М. Математическая модель горения системы титан-углерод // ФГВ, 1981, Т.81, № 5, С.39-46
2. Лапшин О.В., Овчаренко В.Е. Математическая модель высокотемпературного синтеза алюминида никеля Ni3Al в режиме теплового взрыва порошковjй смеси чистых элементов, Физика горения и взрыва, 3 (1996), 32 68-76
3. Евстигнеев, В. В. В. Ю. Филимонов, К. Б. Кошелев Математическая модель процессов фазообразования в бинарной порошковой смеси Ti - Al в режиме неадиабатического теплового взрыва, Физика горения и взрыва, 2 (2007) 52-57.
4. S. Bulent Biner, Programming Phase-Field Modeling, Idaho National Laboratory Idaho Falls, ID, USA (2017)
5. Charach, C., Fife, P.C. On Thermodynamically Consistent Schemes for Phase Field Equations. Open Systems & Information Dynamics 5, 99–123 (1998).

ВЛИЯНИЕ ФУЛЛЕРЕНОВ C_{60} НА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕЛЛУРИДА СВИНЦА

Лопатин А.Ю.[1], Бавыкин В.В.[2], Гребенников А.А.[1]

[1)] Воронежский Государственный Технический Университет, г. Воронеж, Россия
[2)] АО «РИФ», г. Воронеж, Россия
E-mail: artem012316@gmail.com

EFFECT OF FULLERENES C_{60} ON THERMOELECTRIC PROPERTIES OF LEAD TELLURIDE

Lopatin A.Yu.[1], Bavykin V.V.[2], Grebennikov A.A.[1]

[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia
[2)] RIF Corporation , Voronezh, Russia

This paper presents the results of the study of the effect of fullerene C_{60} on thermoelectric properties PbTe

Теллурид свинца электронного типа проводимости получен методом сплавления исходных компонентов в вакуумированной и отпаянной кварцевой ампуле при температуре 1300 К. Перемешивание расплава осуществлялось качанием печи относительно горизонтальной плоскости на протяжении всего процесса плавки, составлявшего $t_{п}лав$ = 60 минут. Используемые материалы: свинец С000, теллур сЧ, свинца иодид чда. Состав слитка по высоте контролировали сканирующим электронным микроскопом TESCAN MIRA 3. Отклонение состава слитка диаметром 22 мм и высотой 110 мм от заданного составляло ±0,3 атом. %. Слиток дробили в перчаточном боксе и просеивали через сито, выделяя фракцию 1 < X < 0,064 мм. Полученный порошок брикетировали в пресс-форме с основанием 10×20 мм^2 прессом MEQAMAQ в воздушной атмосфере для получения пористости ~ 24%. Было получено 3 образца, первый (1) – исходный образец чистого PbTe. Второй (2) и третий (3) образцы взвешивали весами Shinko Denshi HTR – 220 CE, пропитывали фуллеренами [1], растворенными в толуоле, в течение 2 часов. Содержание фуллеренов в образцах контролировали приростом массы после сушки образцов в воздушной атмосфере на протяжении 12 часов. Образец номер три подвергался повторной пропитке по аналогичному режиму с контрольным взвешиванием после сушки. Горячее прессование проводили в вакууме давлением 700 МПа в течение 5 минут при температуре 673 К. Электрические свойства образцов в интервале температур исследовали на установках Netzsch SBA 458 и Netzsch LFA 467.

На рисунке 1 приведены температурные зависимости электрических свойств образцов теллурида свинца с различным содержанием фуллеренов C_{60}. Из рисунка видно, что введение фуллеренов C_{60} приводит к снижению электропроводности и полной теплопроводности при концентрации 0,0037 масс. %. Увеличение

концентрации фуллеренов до 0,0071 масс.% приводит к увеличению электропроводности и полной теплопроводности. Введение фуллеренов C_{60} в матрицу теллурида свинца практически не влияет на коэффициент Зеебека.

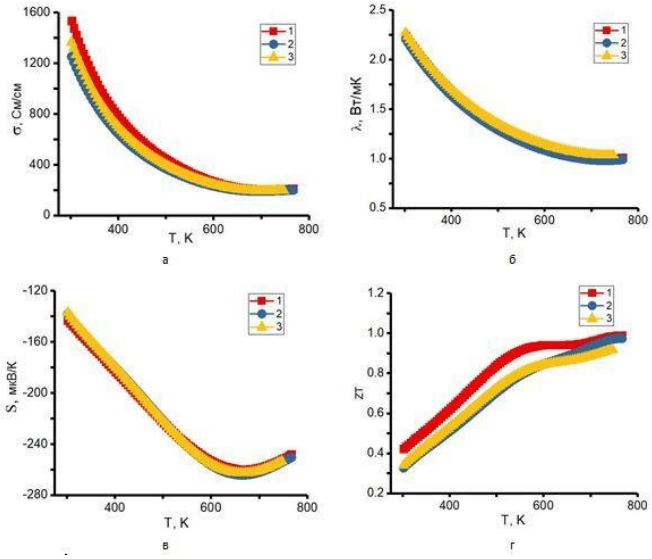


Рис. 1. Температурная зависимость электрических свойств образцов

Безразмерная термоэлектрическая добротность ZT [2], рассчитанная по формуле:

$$ZT = ((S^2 * \sigma) * T)/\lambda , \quad (1)$$

где S – коэффициент Зеебека, В/К;

σ – электропроводность См/м;

λ – теплопроводность Вт/ м*К;

Т – температура, К,

снижается при увеличении концентрации фуллеренов C_{60} за счет снижения электропроводности образцов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 19-48-360010)

1. Л.Н. Сидоров, М.А. Юровская, А.Я. Борщевский, И.В. Трушков, И.Н. Иоффе. Фуллерены. Учебное пособие для вузов (М., Изд-во Экзамен, 2005)
2. Б.М. Гольцман, В.А. Кудинов, И.А. Смирнов, Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе Bi_2Te_3, Изд.-во «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1972

ПРЯМОЙ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ДВУХСЛОЙНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИТАХ НА ОСНОВЕ МАРГАНЕЦ-ЦИНКОВОГО ФЕРРИТА И ЦИРКОНАТА-ТИТАНАТА СВИНЦА

Лунь А.Ю.[1], Алтухов В.А.[2], Калгин А.В.[2]

[1)] Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия
[2)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
E-mail: ferroelectric7@mail.ru

DIRECT MAGNETOELECTRIC EFFECT IN TWO-LAYER CERAMIC COMPOSITES BASED ON MANGANESE ZINC FERRITE AND LEAD ZIRCONATE TITANATE

Lun A.Yu.[1], Altukhov V.A.[2], Kalgin A.V.[2]

[1)] Voronezh State University, Voronezh , Russia
[2)] Voronezh State Technical University, Voronezh , Russia

Under different experimental conditions, the direct magnetoelectric effect was studied in two-layer ceramic composites based on manganese zinc ferrite and lead zirconate titanate.

При разных условиях проведения эксперимента изучен прямой магнитоэлектрический (МЭ) эффект в двухслойных композитах, полученных как совместным спеканием слоев порошков марганец-цинкового феррита (MZF) и цирконата-титаната свинца (PZT), так и склеиванием эпоксидным компаундом пластин, предварительно спеченных из порошковых материалов MZF и PZT. Цель таких исследований состояла в установлении, при каком негативном факторе, взаимном легировании фаз [1], возникающим во время высокотемпературного спекания, или клеевом соединении, композиционные материалы демонстрируют большую эффективность МЭ преобразования.

Прямой МЭ эффект в композите изучали путем измерения электрического напряжения, генерируемого на электродах образца под действием переменного измерительного 5 Э и постоянного смещающего магнитных полей. Для характеристики МЭ эффекта использовался МЭ коэффициент по напряжению.

Установлены следующие особенности прямого МЭ эффекта в композитах.

1. МЭ коэффициент растет с увеличением угла между направлениями намагниченности в магнитострикционном слое и поляризации в пьезоэлектрическом слое от 0 до 90°.

2. На зависимости поперечного МЭ коэффициента по напряжению от напряженности постоянного магнитного поля обнаруживается максимум, которому отвечает 220 Э.

3. Поперечный МЭ коэффициент имеет наибольшую величину при объемной доле MZF, равной 0,5.

4. Поперечный МЭ коэффициент тем меньше, чем больше температура, которая изменялась по величине от 293 до 393 К.

5. В окрестности резонансной частоты образца поперечный МЭ коэффициент проходит через максимум.

Как следует из сравнения одних и тех же зависимостей для образцов композитов, полученных с использованием различных подходов, наибольшие МЭ коэффициенты демонстрируют композиты, в которых имеет место взаимное легирование фаз. Последнее обстоятельство, по всей видимости, объясняется наличием между контактирующими компонентами встроенной деформации, которая возникает вследствие различия коэффициентов теплового расширения MZF и PZT во время высокотемпературного спекания. Эта деформация складывается с магнитострикционной деформацией, приводя к повышенной МЭ связи.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ № 17-72-20105.

1. S. A. Gridnev and A. V. Kalgin. Phys. Stat. Sol. (b) 247, 1769–1772 (2010).

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СЛОЖНООКСИДНЫХ ФАЗ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В СИСТЕМЕ Sr-Pr-Co-O

Власова М.А.[1], Маклакова А.В[1], Волкова Н.Е.[1], Черепанов В.А.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет им. первого президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

E-mail: anastasia_maklakova@mail.ru

CRYSTAL STRUCTURE AND PROPERTIES OF COMPLEX OXIDES, FORMED IN THE Sr-Pr-Co-O SYSTEM

Vlasova M.A.[1], Maklakova A.V.[1], Volkova N.E.[1], Cherepanov V.A[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The present work was centered on the studies of crystal structure and oxygen nonstoichiometry of intermediate phases in Sr-Pr-Co-O system. Oxygen nonstoichiometry and electrical transport properties were also investigated.

Сложные оксиды со структурой перовскита являются объектом многочисленных исследований в связи с возможностью их потенциального применения в различных областях техники [1].

Поэтому целью данной работы явились оптимизация условий синтеза, изучение кристаллической структуры и физико-химических свойств сложнооксидных соединений, образующихся в системе Sr-Pr-Co-O.

Синтез образцов проводили по глицерин-нитратной технологии. Фазовый состав полученных оксидов контролировали рентгенографически. Уточнение параметров элементарных ячеек осуществляли методом полнопрофильного анализа Ритвелда в программе «FullProf 2008».

С помощью рентгенофазового анализа установлено образование рядов твёрдых растворов $Sr_{1-x}Pr_xCoO_{3-\delta}$ и $Sr_{2-y}Pr_yCoO_{4-\delta}$. Для всех однофазных составов из ренгенографических данных рассчитаны параметры и объем элементарных ячеек. При увеличении концентрации иона лантанида наблюдается уменьшение параметров элементраной ячейки, что может быть объяснено размерными эффектами.

Абсолютную кислородную нестехиометрию соединений, определяли методами прямого восстановления образцов в токе водорода непосредственно в ТГ-установке и дихроматометрического титрования.

Монотонный характер дилатометрических кривых для $Sr_{1-x}Pr_xCoO_{3-\delta}$ подтверждает отсутствие фазовых переходов. Линейные участки кривых были статистически обработаны линейными уравнениями. Статистическая обработка зависимостей линейными уравнениями была проведена для участков, находящихся в температурном интервале $580 \leq T,°C \leq 920$.

При увеличении температуры наблюдается уменьшение общей электропроводности образца, что обусловлено увеличением числа кислородных вакансий с ростом температуры, что приводит к понижению средней степени окисления кобальта, а, следовательно, понижению концентрации основных носителей заряда. Положительные значения коэффициента Зеебека во всем изученном интервале температур свидетельствуют о преимущественно дырочном типе проводимости.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-33-90058\19).

1. Yang S. Sm0.5Sr0.5CoO3 cathode material from glycine-nitrate process: Formation, characterization, and application in LaGaO3-based solid oxide fuel cells / Yang S., He T., He Q. // Journal of Alloys and Compounds. – 2008. – V. 450. – P. 400-404.

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ 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, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: a.d.maksimov1415@gmail.com

OBTAINING OF COMPLEX NANOPARTICLES 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

In the research, several samples of complex oxide $FeAl_2O_4$ nanopowders and intermetallic FeAl nanopowders were obtained by the spark discharge method. X-ray diffraction analysis and BET analysis, were performed and obtained dependence of electrode mass loss on input energy into discharge circuit.

Наночастицы с каждым годом привлекают все больший интерес в различных областях науки и техники. Они находят применение в электронике [1], медицине [2], катализе [3], и т. д. Еще больший интерес вызывают интерметаллические наночастицы, состоящие из двух и более металлов. Благодаря уникальным свойствам интерметалидов, наночастицы могут найти еще больше применений [4]. Одним из наиболее приемлемых способов получения интерметаллических нанопорошков является метод искрового разряда. Метод позволяет относительно легко получать композитные нанопорошки, за счет комбинирования исходных материалов синтеза наночастиц.

В исследовании проведена серия экспериментов в рамках испытания лабораторной установки [5] и получения композитных нанопорошков методом искрового разряда. В качестве исходных материалов выбраны Al и Fe, как наиболее изученные материалы при получении по отдельности.

В ходе исследования получены образцы нанопорошков сложных оксидов $FeAl_2O_4$ с средним диаметром 5-10 нм, а также образцы интерметаллических нанопорошков FeAl. Проведены рентгенофазовый анализ (РФА), рентгеноструктурный (РСА) и BET анализ полученных образцов. В качестве примера на (рис. 1) представлена рентгенограмма РФА одного из образцов $FeAl_2O_4$. Получены зависимости испаренной массы электродов от введенной в разрядный контур энергии.

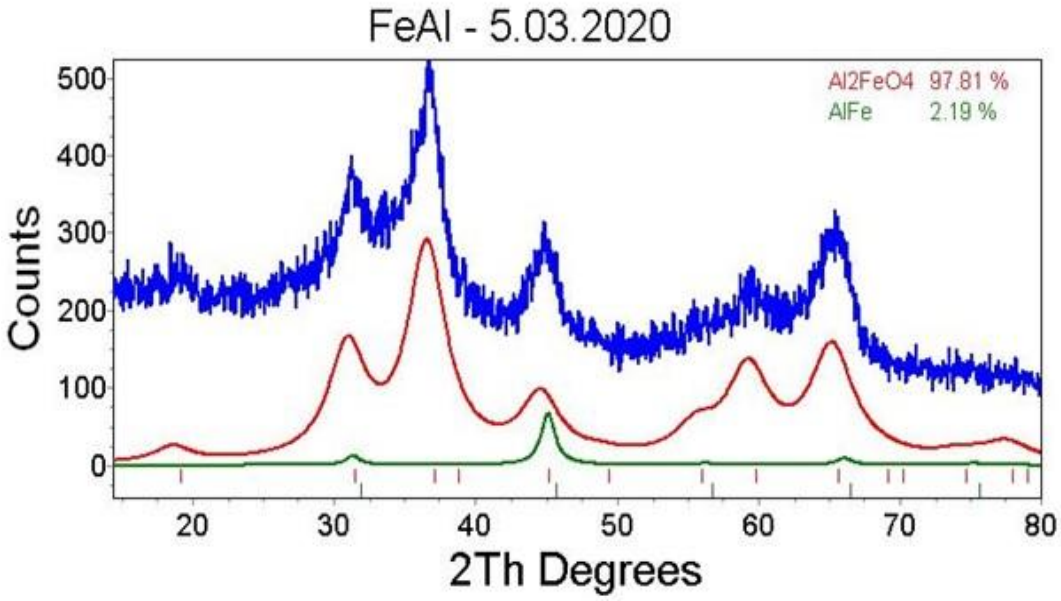


Рис. 1. Рентгенограмма РФА образца $FeAl_2O_4$

1. C. Wei, X. Xu, Q. Zhou, et al. Synthesis of bimodal silver nanoparticles for inkjet-printed flexible electronics with excellent stretchability. 21st International Conference on Electronic Packaging Technology, Guangzhou, China, 1-4 (2020).
2. D. Ziental, B. Czarczynska-Goslinska, D. T. Mlynarczyk, et al. Titanium Dioxide Nanoparticles: Prospects and Applications in Medicine. Nanomaterials, 10 (2), 387 (2020).
3. M. Rosa Axet and Karine Philippot. Catalysis with Colloidal Ruthenium Nanoparticles. Chemical Reviews, 120 (2), 1085-1145 (2020).
4. C. Sibo, Zh. Xunfu, L. Jihai, et al. FeNi intermetallic compound nanoparticles wrapped with N-doped graphitized carbon: a novel cocatalyst for boosting photocatalytic hydrogen evolution. Journal of Material Chemistry A, 8, 3481-3490 (2020).
5. A. D. Maksimov, I. V. Beketov, A. V. Bagazeev et al. Preparation of metal oxide nanopowders by the spark discharge method AIP Conference Proceedings 2174, 020037 (2019).

ВЛИЯНИЕ ТЕКСТУРЫ НА ШТАМПУЕМОСТЬ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА

Мамылин Д.А.[1], Серков К.В.[1], Берестова С.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: s.a.berestova@urfu.ru

TEXTURE INFLUENCE ON THE STAMPING CAPACITY OF SHEET METAL

Mamylin D,A,[1], Serkov K.V.[1], Berestova S.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Sheet materials have a pronounced anisotropy of properties due to a crystallographic texture. The crystallographic texture influence is shown on the stampability of sheet materials. A quantitative measure is the coefficient of normal plastic anisotropy.

Листовые материалы обладают ярко выраженной анизотропией упругих и пластических свойств, которая определяет их дальнейшее использование. Анизотропией можно управлять и создавать благоприятную текстуру. Кристаллографическая текстура - это преимущественная ориентация кристаллографических осей в поликристаллах. Она возникает при различных видах термомеханической обработки. Для оценки штампуемости листовых материалов важным техническим показателем анизотропии механических свойств является коэффициент нормальной пластической анизотропии [1, 2]. Он определяется отношением приращений пластических деформаций по толщине и по ширине плоского образца, вырезанного под фиксированным углом, при его одноосном растяжении в области равномерной деформации. Меняя текстуру, можно увеличить способность листовых материалов к глубокой вытяжке. Для металлических листов установлена аналитическая связь коэффициента нормальной пластической анизотропии с соответствующим текстурным параметрами и степенью анизотропии монокристалла кубической симметрии. В качестве примеров вычислены коэффициенты для листов малоуглеродистой стали. Экспериментальные данные о текстуре материала и об измеренных и рассчитанных различными способами значениях коэффициента нормальной пластической анизотропии были взяты из независимых источников.

1. Гречников Ф.В., Ерисов Я.А. Известия Самарского научного центра РАН, №4, с. 293-298, (2012).
2. Гречников Ф.В., Ерисов Я.А. , Зайцев В.М. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 16, №4, с. 154-157, (2014)..

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ТЕРМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА НА СТРУКТУРНЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА g-C_3N_4

Мартемьянов Н.А.[1], Ильяшенко И.Н.[1], Байнов И.Н.[1, 2], Камалов Р.В.[1], Вохминцев А.С.[1], Вайнштейн И.А.[1, 3]

[1)] НОЦ НАНОТЕХ, Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: n.a.martemianov@urfu.ru

THERMAL SYNTHESIS PARAMETERS EFFECT ON g-C_3N_4 STRUCTURAL AND OPTICAL PROPERTIES

Martemianov N.A.[1], Ilyashenko I.N.[1], Bainov I.N.[1, 2], Kamalov R.V.[1], Vokhmintsev A.S.[1], Weinstein I.A.[1, 3]

[1)] NANOTECH Centre, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of High Temperature Electrochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia
[3)] Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Graphitic carbon nitride has been synthesized by urea pyrolysis in air under time and temperature variation. XRD and SEM methods have been used to study g-C_3N_4 structural and morphological features. The impact of growth conditions on the optical properties and bandgap estimates has been analyzed.

В последние годы наблюдается повышенный исследовательский интерес к графитоподобному нитриду углерода (g-C_3N_4), который имеет слоистую структуру из гептазиновых или триазиновых звеньев [1]. Различные композитные гетероструктуры, в которые удается инкорпорировать g-C_3N_4, проявляют улучшенные фотокаталитические свойства для различных фотохимических реакций [1, 2]. Кроме того, благодаря высокой химической стабильности, температурной устойчивости, ширине запрещенной зоны 2.6 – 3.0 эВ и величине квантового выхода до 38%, люминесцирующие среды на основе g-C_3N_4 демонстрируют хорошие перспективы для применений в гибридной нано- и оптоэлектронике.

В процессе настоящего исследования был получен графитоподобный нитрида углерода методом термической полимеризации при разложении мочевины на воздухе. В ходе синтеза варьировалась температура от 450 до 600 °C и длительность от 30 до 120 мин. Полученные структуры были аттестованы методом рентгенофазового анализа с использованием дифрактометра Miniflex 600 (Rigaku Corporation), излучение CuKα, диапазон углов 2θ от 10° до 105° с шагом 0.02°. Морфологические особенности образцов были проанализированы с помощью сканирующего электронного микроскопа Sigma VP, Carl Zeiss.

Для оценки электронно-оптических характеристик были проведены измерения особенностей диффузного отражения выращенных структур при комнатной

температуре в диапазоне 210-850 нм с шагом 0.1 нм с использованием спектрофотометра SHIMADZU UV-2450, оснащенного интегрирующей сферой. Измеренные спектры были проанализированы в рамках формализма Кубелка-Мунка. На основе построения Тауца для различных типов оптических переходов были выполнены оценки ширины запрещенной зоны – 2.80 – 2.85 эВ (непрямые разрешенные) и 3.0 – 3.1 эВ (прямые разрешенные) в зависимости от температуры и длительности синтеза. Анализ процессов фотолюминесценции в исследуемых наноструктурах g-C_3N_4 был проведен с использованием спектрометра Perkin Elmer LS55 на основе варьирования временных и спектральных характеристик измерительных трактов. Полученные результаты обсуждаются в рамках сравнения с независимыми люминесцентными данными для структур графитоподобного нитрида углерода, синтезированных различными методами.

Работа выполнена при поддержке научного проекта Минобрнауки FEUZ-2020-0059.

1. Sudhaik A., Raizada P., Shandilya P., Jeong D.- Y., Lim J.- H., Singh P. Review on fabrication of graphitic carbon nitride based efficient nanocomposites for photodegradation of aqueous phase organic pollutants. J. Ind. Eng. Chem., V. 67, 2018, 28 – 51. https://doi.org/10.1016/j.jiec.2018.07.007
2. Wen J., Xie J., Chen X., Li X. A review on g - C3N4 - based photocatalysts. Applied Surface Science, 2017, V. 391, P. 72 – 123. https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.07.030

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ СПИРАЛЬНОГО ГАЗООХЛАДИТЕЛЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ CFD МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭРОЗИОННОГО ИЗНОСА

Масленников Г.Е.[1], Микула В.А.[1], Богатова Т.Ф.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург. Россия

E-mail: g26m12@gmail.com

DESIGN OPTIMIZATION OF A HELICAL COIL GAS COOLER BY THE RESULTS OF EROSION WEAR CFD MODELING

Maslennikov G.E.[1], Mikula V.A.[1], Bogatova T.F.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Erosion wear simulation and the design optimization of a helical coil convective gas cooler was executed. It shows that instead of a flat baffle, a structural element is necessary to align the ash particle trajectory at the gas cooler entrance. A sphere baffle was found to be optimal.

Проблема эрозионного износа поверхностей теплообменных аппаратов, омываемых двухфазным потоком, является достаточно распространенной проблемой для энергетики, в частности, атомной.

В данной работе проводилось моделирование эрозионного износа и оптимизация конструкции спирального конвективного газоохладителя (ГО), используемого для парогазовой установки с внутрицикловой газификацией по схеме Shell [1].

Моделирование проводилось в среде CFD, турбулентность учитывалась при помощи realizable k-ε модели, расчетная сетка выполнялась гексаэдрической. Эрозия рассчитывалась при помощи модели Табакова-Гранта (Tabakoff-Grand), разработанной для расчета эрозии стальных поверхностей под действием золовых частиц [2].

В результате моделирования стандартной конструкции ГО с плоской перегородкой получен высокий уровень эрозии металлической поверхности трубного элемента 2-2 (второй виток второй трубной спирали). Эрозия составила $3 \cdot 10^8$ кг/(м^2·с), что на порядок превышает износ на подавляющей части теплообменной поверхности ГО. Определяется это тем, что золовые частицы, направляющиеся на плоскую перегородку, в основном вытесняются в ближайший кольцевой канал (между 1-ой и 2-ой трубными спиралями). В результате этого, во-первых, концентрация частиц (γ) у поверхности трубного элемента 2-2 достигает ~1 кг/м^3, при том, что до входа в каналы γ =0,15 кг/м^3, а как известно [3], эрозия линейно зависит от γ. Во-вторых, траектории движения этих частиц на входе в канал на 20-250 отклонены от вертикали, и угол удара этих частиц о поверхность трубного элемента составляет 35-750 в области максимального уровня эрозии трубного

элемента 2-2 (рис. 1). В соответствии с [4] зависимость эрозии от угла удара частиц имеет экстремальный характер с максимумом при углах 20-600.

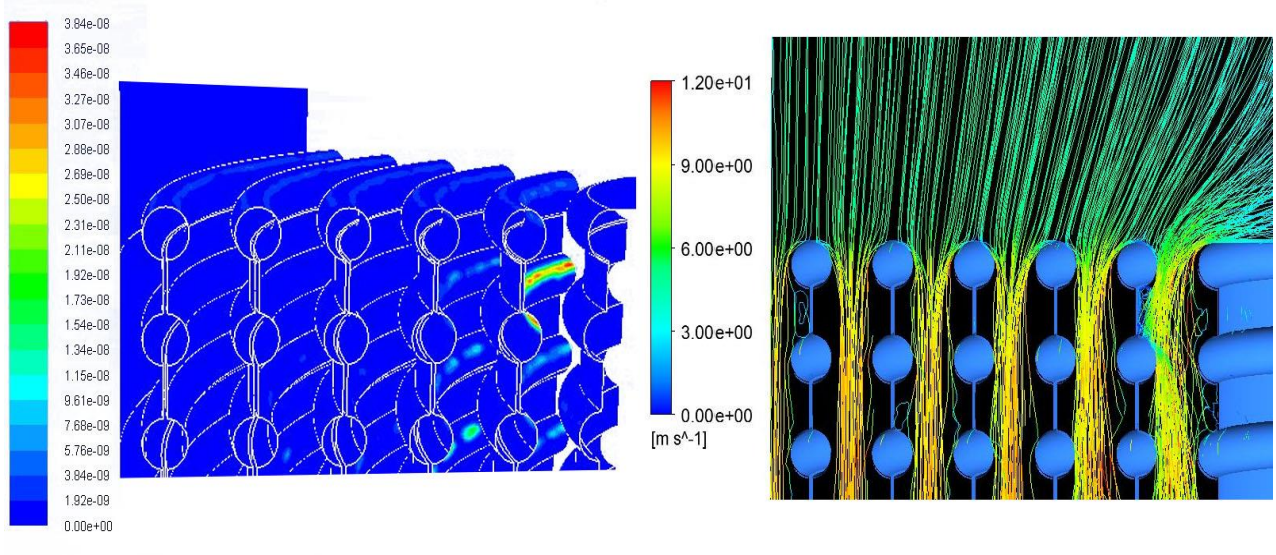


Рис. 1. Величина эрозионного износа и траектории частиц

Таким образом, был сделан вывод, что вместо плоской перегородки необходимо установить конструктивный элемент, позволяющий выровнять траекторию движения потока золовых частиц на входе в газоохладитель, по результатам моделирования оптимальным был признан обтекатель в виде сферы. Такой обтекатель позволил снизить максимальный уровень концентрации в каналах газоохладителя до 0,3-0,4 кг/м^3, угол удара частиц о поверхность трубного элемента менее 200, при этом максимальный уровень эрозии составил $3 \cdot 10^8$ кг/(м^2·с).

1. S. Park, I–S Ye, J. Oh, C. Ryu and J. H. Koo. Appl. Therm. Eng. 70, 388–396 (2014).
2. W. Tabakoff, R. Kotwal and A. Hamed. Wear 52, 161–173 (1979).
3. R. D. Shandu. MSc Dissertation. University of the Witwatersrand (2007)
4. J. G. Mbabazi, T. J. Sheer and R. Shandu. Wear 257, 612–624 (2004)

СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ $Ba_2In_2O_5$–Ba_2InMO_6 (M=Nb, Ta) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ

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: matveego@ya.ru

PROPERTIES OF COMPOSITES BASED ON $Ba_2In_2O_5$–Ba_2InMO_6 (M=Nb, Ta) SYSTEMS DEPENDING ON THE PREPARATION METHOD

Orlova K.A.[1], Matveev E.S.[1], Kochetova N.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Composites based on the $Ba_2In_2O_5$–Ba_2InMO_6 (M=Nb, Ta) systems were prepared by mechanical mixture method from initial components previously synthesized in various ways (by using solution and solid-phase technologies). It was found that the morphology of initial components can influence on electrical.

Разработка альтернативных источников энергии – твердооксидных топливных элементов, ставит перед материаловедением задачу поиска твердого электролита с оптимальными характеристиками (высокой проводимостью, химической и механической стабильностью). Перспективно использование метода гетерогенного допирования, то есть создание композитов. В композитах на основе $Ba_2In_2O_5$–Ba_2InMO_6 (M=Nb, Ta), полученных методом in situ по твердофазной технологии, стабилизация разупорядоченной модификации $Ba_2In_2O_5$ приводит к увеличению проводимости на 1–2 порядка величины [1, 2]. При этом на свойства композитов может влиять как способ смешения компонентов, так и морфология исходных фаз, варьировать которую можно изменением технологии синтеза.

Целью работы стало исследование электрических свойств композитов на основе $Ba_2In_2O_5$ и Ba_2InMO_6 (M=Nb, Ta; x=0.01–0.99), полученных механическим смешением компонентов, в зависимости от способа синтеза исходных фаз.

Синтез сложных оксидов осуществляли по двум технологиям: твердофазным методом из исходных $BaCO_3$, In_2O_3 и M_2O_5 (M=Nb, Ta) при 800–1300°C и растворным методом (сжигание нитрат-органических прекурсоров) из исходных $Ba(NO_3)_2$, In_2O_3 и Nb_2O_5 (In_2O_3 растворяли в азотной кислоте, Nb_2O_5 переводили в ниобиевую кислоту, затем – в оксалатные комплексы), после сжигания рабочего раствора, продукт отжигали. На рентгенограммах для фаз $Ba_2In_2O_5$ и Ba_2InNbO_6, полученных растворным методом, наблюдается уширение пиков, что свидетельствует об увеличении дисперсности частиц. Исходные фазы смешивали механически в среде изопропанола, компактировали брикеты и спекали в течение 12 ч при температурах ниже (1300°C) и выше (1400°C) температуры эвтектики ($T_{эвт}$(M=Nb)=1355°C; $T_{эвт}$(M=Ta)=1397°C). Аттестацию морфологии композитов проводили методом сканирующей электронной микроскопии.

Общая электропроводность образцов была изучена методом электрохимического импеданса в диапазоне f=100 Гц–1 МГц и T=250–930°C в сухой ($pH_2O=3\cdot10^{-5}$ атм) и влажной ($pH_2O=2\cdot10^{-2}$ атм) атмосферах. Для всех композитов при увеличении pH_2O ниже 600°C электропроводность возрастает из-за появления протонного переноса. Из зависимостей электропроводности от $pO_2=10^{-16}$–0.21 атм при T=400–900°C в атмосферах с различным pH_2O проведена дифференциация общей проводимости на парциальные вклады.

Для всех композитов наблюдается увеличение электропроводности по сравнению с электропроводностью фаз $Ba_2In_2O_5$ и Ba_2InMO_6 (M=Nb, Ta) во всем температурном интервале. Однако наиболее высокими значениями электропроводности обладают композиты, полученные на основе фаз, синтезированных по твердофазной технологии, что объясняется высоким сопряжением сопоставимых по размеру частиц. И, напротив, композиты на основе оксидных фаз, полученных растворным методом, формируется неоднородными, что затрудняет процессы переноса.

1. И.В. Спесивцева, Альтернативная энергетика и экология, № 6 (98), 21–24 (2011)
2. N.A. Kochetova, I.V. Alyabisheva, I.E. Animitsa, Solid State Ionics, 306, 118–125 (2017)

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МОДИФИКАТОРА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ХЕМОЭЛЕКТРЕТОВ НА ОСНОВЕ ОЛИГОМЕРА DER-331

Микрюкова Я.К[1], Мочалова Е.Н.[1], Галиханов М.Ф[1]

[1)] Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

E-mail: yana_mikriukova@mail.ru

STUDY OF THE MODIFIER CONTENT EFFECT TO CHARACTERISTICS OF CHEMOELECTRETS BASED ON DER-331 OLIGOMER

Mikriukova Y. K.[1], Mochalova E.N.[1], Galikhanov M.F.[1]

[1)] Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Chemoelectrets and unpolarized samples were obtained. It is shown that the combination of polymer synthesis with the polarization process leads to an increase in the physical and mechanical properties of the material. The highest hardness values correspond to the content of the PEF-3A modifier 5%.

Эпоксидные олигомеры широко применяются для создания промышленных материалов, как основа компаундов, клеев, лаков, связующих для слоистых пластических масс, благодаря высоким прочностным показателям и химической

стойкости [1]. Хемоэлектреты на основе эпоксидного олигомера, эпоксиуретанового модификатора и полиаминоамида обладают хорошими и стабильными электретными свойствами, достаточными для их практического использования. Свойства эпоксидных полимерных материалов определяются как структурой и специфическими свойствами отвердителей и олигомеров, так и условиями отверждения [2].

Для проведения исследований были получены неполяризованные образцы и хемоэлектреты в процессе синтеза полимера путем отверждения смеси исходного эпоксидного олигомера (DER-331) и эпоксиуретанового модификатора (ПЭФ-3А) при содержании в составе композиции от 2,5 до 10 % масс. полиамидным отвердителем Л-20. Процесс поляризации проходил при 120оС в постоянном электрическом поле, с последующим охлаждением в течение 30 минут без снятия поляризующего воздействия.

При использовании в качестве модификатора ПЭФ-3А, являющегося эпоксиуретаном, в структуру пространственной сетки по сравнение с основным олигомером DER-331 дополнительно вводятся полярные уретановые группы, способные участвовать в процессах поляризации.

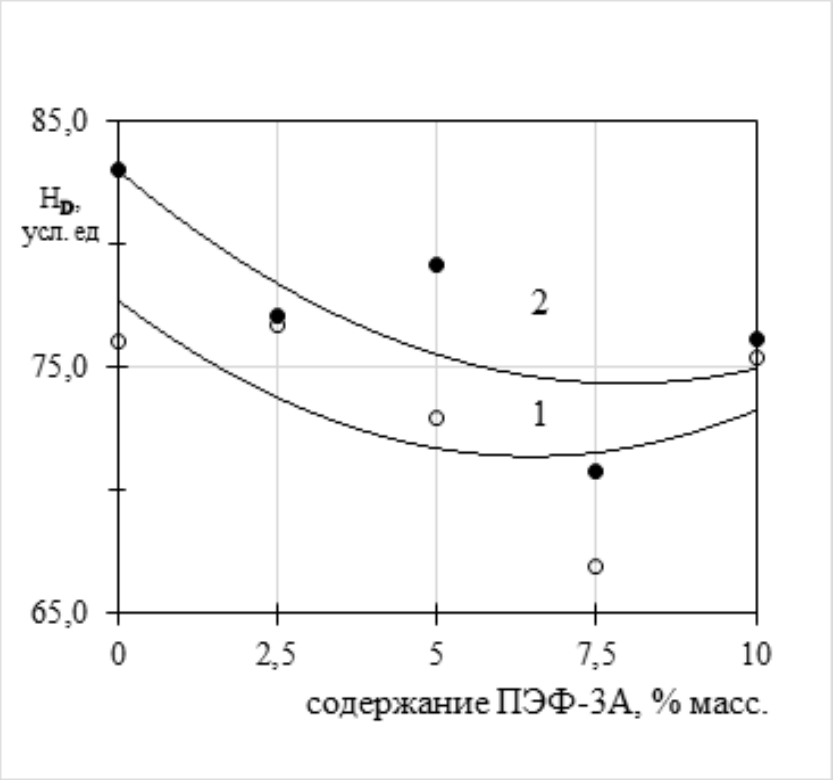


Рис. 1. Зависимость твердости по Шору D для неполяризованных образцов (1) и хемоэлектретов (2) на основе олигомера DER-331 отвердитель Л-20 от содержания модификатора ПЭФ-3А при одновременном отверждении и поляризации (температура 120 °С напряжение 5 кВ)

Зависимости твердости по Шору D для неполяризованных образцов и хемоэлектретов на основе олигомера DER-331 (отвердитель Л-20) от содержания модификатора ПЭФ-3А при одновременном отверждении и поляризации приве-

дены на рис.1. С увеличением содержания модификатора ПЭФ-3А в составе композиции с 2, 5 до 10 % масс. происходит изменение твердости по Шору D, связанное со снижением частоты пространственной сетки, благодаря встраиванию модификатора в трехмерную сетку полимерной матрицы. Изменение твердости по Шору D при увеличении содержания модификатора в составе композиции для хемоэлектретов может быть объяснено с точки зрения двух конкурирующих факторов: снижения подвижности полярных групп за счет сильного межмолекулярного взаимодействия физического характера в структуре пространственной сетки трехмерной полимерной матрицы и роста количества функциональных групп, способных участвовать в процессах поляризации, с участием дипольно-сегментальных фрагментов.

Таким образом, процесс получения хемоэлектретов, в том числе на основе модифицированных материалов, сопровождается повышением физико-механических показателей, характерным для электретного состояния полимеров, что показано на примере твердости.

1. Ваганов Г.В., Галиханов М.Ф. и др., Физические свойства сетчатых полимеров на основе эпоксидных смол, Фора-принт, (2015).
2. Mochalova E. N., Galikhanov M. F., and Mikryukova Ya. K., Russian Journal of Applied Chemistry, 92, 11, 1492-1498, (2019).
3. Mikryukova Y.K., Mochalova E.N., Galikhanov M.F., Akhtyamova S.S., AIP Conference Proceedings,2313, 050049, (2020).
4. Galikhanov M. F., Mochalova E.N. et al., Journal of Electronic Materials, 48, 7, 4473-4477, (2019).

ВЛИЯНИЕ МОНТМОРИЛЛОНИТА НА ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРЕТНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИПРОПИЛЕНА

Минзагирова А.М.[1, 2], Галиханов М.Ф.[1], Хайруллин Р.З.[1]

[1)] Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия.
[2)] ФИЦ Казанский научный центр РАН, г. Казань, Россия.
E-mail: alsu.minzagirova@mail.ru

INFLUENCE OF MONTMORILLONITE ON THE CHANGE OF ELECTRET PROPERTIES OF POLYPROPYLENE

Minzagirova A.M.[1, 2], Galikhanov M.F.[1], Khayrullin R.Z.[1]

[1)] Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.
[2)] FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia.

In this work, the electret properties of a polymer composite material based on polypropylene were studied. It was found that the introduction of montmorillonite in the amount of 4 wt.% contributes to the improvement of electret properties of polypropylene.

Развитие современной техники требует новых материалов, превосходящих по своим прочностным, упругим и другим свойствам традиционные. К числу наиболее интересных и перспективных относятся полимерные композиционные материалы, которые серьезно потеснили такие материалы, как железобетон, металл, дерево. Возможности полимерных композитов чрезвычайно широки благодаря многообразию полимеров и наполнителей, неисчерпаемой вариабельности составов композитов на их основе и методов их модификации.

В ранее проведенных исследованиях [1], было установлено что, введение дисперсных наполнителей в полипропилен способствует не только улучшению эксплуатационных свойств полимера, но и изменению его электретных характеристик. Таким наполнителем, положительно влияющим на комплекс свойств полимеров, также является глинистый минерал, относящийся к подклассу слоистых силикатов – монтмориллонит [2].

Целью данного исследования стало изучение влияния монтмориллонита марки 15 А, на электретные свойства полипропилена.

Введение монтмориллонита в количестве 2 и 4 мас.%, приводит к различному изменению электретных свойств полипропилена (рис. 1).

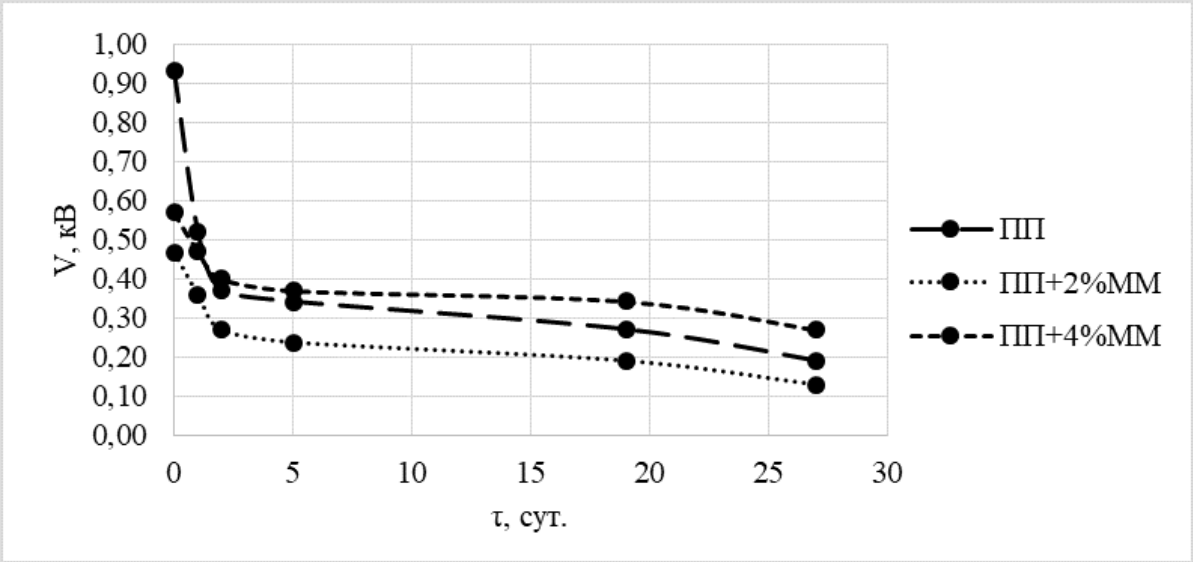


Рис. 1. Зависимость потенциала поверхности от времени хранения электретов

Так, в случае введения 4 мас.% наполнителя происходит повышение потенциала поверхности в 1,3 раза, а при введении 2 мас.% наполнителя происходит понижение в 1,4 раза. Изменение показателей напряженности электрического поля и эффективной поверхностной плотности заряда полипропилена при введении монтмориллонита аналогичен изменению потенциала поверхности.

Наблюдаемые изменения электретных свойств полипропилена в присутствии наполнителя связаны с появлением новой неоднородности в объеме материала (границы раздела фаз между полимером и поверхностью наполнителя) и понижением подвижности макромолекул полипропилена вблизи твердых частиц. Таким образом, лучшими электретными свойствами, обладает композиция полипропилена с 4 мас.% монтмориллонита.

1. М.Ф. Галиханов, А.К. Загрутдинова, М.Н. Астраханцева, Р.Я. Дебердеев, А.А. Муслимова, Материаловедение. 1, 60-63 (2010)
2. A. M. Minzagirova, M. F. Galikhanov, R. R. Spiridonova, R. Z. Khairyllin and A. O. Spiridonova, AIP Conference Proceedings. 2174 (2019).

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕКСТУРЫ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В СПЛАВЕ Ti-6Al-4V

Насчетникова И.А.[1], Степанов С.И.[1], Муллер-Камский Г.[2], Попов В.В.[2], Карабаналов М.С.[1], Редикульцев А.А.[1], Лобанов М.Л.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Университет Технион, Хайфа, Израиль
E-mail: naschetnikova@mail.ru

FEATURES OF TEXTURE DEVELOPMENT DURING PHASE TRANSFORMATIONS IN Ti-6Al-4V ALLOY

Naschetnikova I.A.[1], Stepanov S.I.[1], Muller-Kamskii G.[2], Popov V.V.[2], Karabanalov M.S.[1], Redikultsev A.A.[1], Lobanov M.L.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] University of Technion, Haifa, Israel

The crystallographic texture of the Ti-6Al-4V alloy was studied by a method of orientation microscopy. The samples were made by the Electron Beam Melting (EBM) and Hot Isostatic Pressing (HIP) methods. Polymorphic transformation orientation relationships were established.

Сплавы на основе титана обладают уникальным комплексом физико-механических свойств и в настоящий момент являются одними из самых распространенных конструкционных материалов [1]. Текстура, формирующаяся в металлических материалах, приводит к анизотропии физико-механических свойств изделий, поэтому понимание эволюции формирования текстуры является актуальной задачей металловедения [2].

Целью данной работы является установление закономерностей формирования текстуры фазовых превращений в сплаве Ti-6Al-4V с использованием метода ориентационной микроскопии [3]. Материалами исследования являются образцы из сплава Ti-6Al-4V, полученные методами EBM (Electron beam melting) и подвергнутые HIP (Hot Isostatic Pressing).

Особенностью титана является возможность существования в двух полиморфных модификациях – α (гексагональная плотноупакованная решетка) и высокотемпературная β (объемно-центрированная кубическая решетка). Полиморфное β→α превращение в титане реализуется в соответствии с ориентационным соотношением (ОС) Бюргерса [4]. В результате исследования было показано, что полиморфное β→α превращение в сплаве Ti-6Al-4V реализуется в соответствии с ОС Бюргерса независимо от механизма превращения – сдвигового или диффузионного. После полиморфного β→α-превращения при охлаждении в α-фазе на границах зерен или пакетов выделяется вторичная β-фаза в соответствии с конкретными ОС Бюргерса, не совпадающими с ОС, в соответствие с которым реализовалось высокотемпературное превращение. Это приводит к появлению

пиков на определенных углах в распределении разориентировок межфазных границ.

1. C. Cui, B. M. Hu, L. Zhao, S. Liu, Materials and Design 32, Iss. 3, 1684–1691 (2011)
2. М.Л. Лобанов, Методы исследования текстур в материалах, Изд-во Урал. ун-та (2014)
3. A.J. Wilkinson, Materialstoday 15, Iss. 9, 366-376 (2012)
4. W.G. Burgers, Physica 1, Iss. 7, 561–586 (1934)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ НАНОПОРОШКОВ (ZrO_2-Y_2O_3) И Al_2O_3 В ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИЯХ (ZrO_2-Y_2O_3) - (ZrO_2-Y_2O_3) И (ZrO_2-Y_2O_3)-Al_2O_3

Нестерова И.А.[1], Денисова Э.И.[1], Карташов В.В[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: irina.npnha@yandex.ru

DETERMINATION OF THE MINIMUM CONTENT OF NANOPOWDERS (ZrO_2-Y_2O_3) AND Al_2O_3 IN POWDER COMPOSITIONS (ZrO_2-Y_2O_3) - (ZrO_2-Y_2O_3) AND (ZrO_2-Y_2O_3)-Al_2O_3

Nesterova I.A.[1], Denisova E.I.[1], Kartashov V.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The minimum permissible amount of a modifying nanostructured additive in powder compositions has been determined, which makes it possible to carry out the reaction of nitrate-organic synthesis and to provide further nanostructural hardening of ceramics.

Применение композиционных полидисперсных смесей оксидных микро- и наноструктурированных порошков для получения высокопрочной керамики является привлекательным с технической и экономической точек зрения. Прочностные характеристики материала в данном случае улучшаются за счет эффекта наномодифицирования частицами второй фазы и зависят от количества наноструктурированной добавки в порошковой композиции, из которой в дальнейшем изготавливается керамика [1].

В предыдущих работах были отработаны технологии получения микронных и наноструктурированных порошков [2, 3], а также порошковых композиций с использованием реакции синтеза наноструктурированной модифицирующей добавки в присутствии микронного порошка (ZrO_2-5 масс.% Y_2O_3) [3].

Образование композиционного порошка осуществляли при сжигании жидкой реакционной нитрат-органической смеси в присутствии основы композиции -

микронного порошка. При этом формирующиеся в процессе синтеза наноструктурированные частицы покрывали поверхность микронных частиц. Но в данном случае теплота, выделяющаяся при реакции горения, расходуется не только на синтез наноструктурированных частиц, но и поглощается микронным порошком. Количество же наноструктурированной добавки должно составлять несколько процентов. Но, чем оно ниже, тем сложнее происходит реакция совместного синтеза.

Поэтому целью настоящей работы было определить минимально допустимое количество модифицирующей наноструктурированной добавки, позволяющее осуществить реакцию нитрат-органического синтеза и обеспечить в дальнейшем наноструктурное упрочнение керамики.

В результате экспериментов было определено, что для композиции на основе микронного порошка ZrO_2-5масс.%Y_2O_3 минимальное количество добавки ZrO_2-5масс.% Y_2O_3 составило 4 масс. %, а добавки Al_2O_3 - 7%. При получении композиций с меньшими количествами добавок реакция горения органической смеси протекала менее интенсивно, либо горение вообще прекращалось.

Порошковые композиции предназначены для изготовления керамических образцов и исследования их прочностных характеристик.

1. А.В. Власов, В.В. Карташов, Э.И. Денисова. Новые огнеупоры. № 4, 89-91(2010).
2. E. I. Denisova, I. A. Nesterova, D. T. Sultanova, V. V. Kartashov, N. A. Cherepanova, A. V. Chukin, G. A. Yakovlev, A. S. Gordeeva, J. A. Mityushova. AIP Conference Proceedings. 1886, 020060-1□020060-7 (2017).
3. E. I. Denisova, I. A. Nesterova, D. T. Sultanova, V. V. Kartashov, N. A. Cherepanova, A. V. Chukin, G. A. Yakovlev, A. S. Gordeeva, J. A. Mityushova. AIP Conference Proceedings. 1886, 020042-1□020042-7 (2017).

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТНОЙ СТРУКТУРЫ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ФЕРРИТОВ, СОДЕРЖАЩИХ ПРИМЕСЬ $SrFe_{12}O_{19}$

Никитин С.С.[1, 2], Меркулов О.В.[2], Патракеев М.В.[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: nikitins1997@gmail.com

DEFECT CHEMISTRY STUDY IN PEROVSKITE FERRITES CONTAMINATED WITH $SrFe_{12}O_{19}$

Nikitin S.S.[1, 2], Merkulov O.V.[2], Patrakeev M.V.[2]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Solid State Chemistry, RAS, Ekaterinburg, Russia

A strong negative effect of $SrFe_{12}O_{19}$ impurity presence in perovskite-type ferrites on the results of the coulometric titration has been revealed. A method has been developed to determine the amount of impurity and recover the oxygen content data in perovskite ferrites contaminated with $SrFe_{12}O_{19}$.

Перовскитоподобные оксиды, обладающие кислород-ионной и электронной проводимостью, находят широкое применение в качестве электродов топливных элементов и датчиков, кислородных мембран, катализаторов окисления [1-2].

Термодинамический анализ равновесия дефектов в оксидах, проводимый на основе данных о содержании кислорода в широком диапазоне парциального давления кислорода и температуры, дает ценную информацию об энтальпии и энтропии реакций образования дефектов, что позволяет рассчитать концентрации носителей заряда [3]. Однако в некоторых случаях измерение содержания кислорода в ферритах со структурой перовскита, особенно сильно допированных, приводит к получению искаженных изотерм, которые не могут быть использованы для модельных расчетов. Недавнее исследование показало, что искажение изотерм содержания кислорода часто можно объяснить присутствием в исследуемом феррите небольшого количества примеси гексаферрита $SrFe_{12}O_{19}$, имеющего характерную форму изотерм [4]. В таком случае наличие подробных данных о содержании кислорода в примесном оксиде позволит количественно оценить и удалить его вклад в экспериментальные результаты, восстановив тем самым данные исследуемого феррита.

Оксиды $Nd_xSr_{1-x}Fe_{0.8}Mo_{0.2}O_{3-\delta}$ (x = 0, 0.1 и 0.2) были синтезированы глицин-нитратным методом. Результаты рентгеновской дифракции показали получение однофазных материалов. Содержание кислорода в оксидах исследовано методом кулонометрического титрования в интервале парциальных давлений кислорода от 10^{-20} до 0.5 атм при 750–950 °C. Форма изотерм для составов x = 0.1 и 0.2 обнаружила присутствие $SrFe_{12}O_{19}$. Разработан метод восстановления данных

кислородной нестехиометрии перовскитоподобного феррита по результатам измерения оксида, содержащего примесь $SrFe_{12}O_{19}$. Метод был проверен на данных по содержанию кислорода, полученных на специально изготовленной смеси $SrFe_{0.8}Mo_{0.2}O_{3-\delta}$ и $SrFe_{12}O_{19}$. Метод подтвердил свою пригодность точным определением количества примесной фазы в смеси. Эффективность метода была дополнительно проверена моделированием равновесия дефектов в $Nd_xSr_{1-x}Fe_{0.8}Mo_{0.2}O_{3-\delta}$ (x = 0, 0.1 и 0.2) с использованием восстановленных данных. Термодинамические параметры реакций дефектообразования, полученные при моделировании, хорошо согласуются с литературными данными для близких по составу оксидов, что свидетельствует о корректности восстановления данных [5].

Руководителю от УрФУ Денисовой Э.И.

1. D. A. Osinkin, A. A. Kolchugin, N. M. Bogdanovich, S. M. Beresnev, Electrochim. Actia. 361, 137058, (2020)
2. L. R. Tarutina, J. G. Lyagaeva, A. S. Farlenkov, A. I. Vylkov, G. K. Vdovin, A. A. Murashkina, A. K. Demin, D. A. Medvedev, J. Solid State Electrochem. 24, 1453–1462 (2020)
3. Ø. F. Lohne, T. N. Phung, T. Grande, H. J. M. Bouwmeester, P. Vang Hendriksen, M. Søgaard, K. Wiik, J. Electrochem. Soc. 161, F176-F184 (2014)
4. I. V. Shamsutov, O. V. Merkulov, M. V. Patrakeev, Materials Letters. 283, 128753 (2021)
5. O. V. Merkulov, E. N. Naumovich, M. V. Patrakeev, A. A. Markov, H. J. M. Bouwmeester, I. A. Leonidov, V. L. Kozhevnikov, Solid State Ionics. 292, 116–121 (2016)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОСТОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА СПЛАВА Ti–6Al–4V, ИЗГОТОВЛЕННОГО МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО СПЛАВЛЕНИЯ

Николаева А.В.[1], Пушилина Н.С.[1]

[1)] Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

E-mail: philip371g@gmail.com

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF POST-PROCESSING ON THE PROPERTIES OF Ti–6Al–4V ALLOY MANUFACTURED BY ELECTRON BEAM MELTING

Nikolaeva A.V.[1], Pushilina N.S.[1]

[1)] Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

The main advantages of additive manufacturing are: production of lightweight objects of complex geometry and parts with a longer service life. During the 3D printing process, a large number of micropores and defects appear. Thus, post-processing procedures for AM come to the fore.

Аддитивные технологии, в частности метод электронно-лучевого сплавления, являются перспективным направлением для получения металлических изделий со сложной геометрической формой и особенно привлекательны для авиационной промышленности, в которой широко распространено применение титановых сплавов. Использование аддитивных технологий позволяет ускорить процесс производства изделия, сэкономить металл, изготовить более легкие конструкции со сложной геометрией, которые невозможно изготовить традиционными методами. В последнее время активно развивается направление исследований связанное с разработкой методов и подходов к дополнительной обработке металлических изделий, изготовленных с помощью аддитивных технологий [1].

В работе проведены исследования влияния дополнительной обработки на микроструктуру и механические свойства сплава Ti–6Al–4V, изготовленного методом электронно-лучевого сплавления. Установлено, что постобработка образцов позволяет уменьшить коэффициент трения, внутренние напряжения в материале. Наблюдается увеличение микротвердости образцов титанового сплава.

1. Panin A. et al. Surface modification of 3D–printed Ti–6Al–4V parts by continuous electron beam //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, (2018). – V. 2051. – No. 1. – P. 25.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРИ РЕМОНТЕ УЧАСТКОВ ГАЗОПРОВОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ ДЕФЕКТЫ КРН ГЛУБИНОЙ ДО 10% СТЕНКИ ТРУБЫ

Рыбалко В.Г.[1], Новгородов Д.В.[1], Сурков А.Ю.[1], Рыбалко С.В.[2], Губанов Я.В.[3]

[1)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН (ИФМ УрО РАН), г. Екатеринбург, Россия
[2)] ООО «НПП «Нефтегаздиагностика», г. Екатеринбург, Россия
[3)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: novgorodov@imp.uran.ru

RECOMMENDATIONS FOR THE REPAIR OF GAS PIPELINE SECTIONS CONTAINING SCC DEFECTS UP TO 10% OF THE PIPE WALL DEPTH

Rybalko V.G.[1], Novgorodov D.V.[1], Surkov A.Yu.[1], Rybalko S.V.[2], Gubanov Ya.V.[3]

[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IMP UB RAS), Yekaterinburg, Russia
[2)] NPP Neftegazdiagnostika, Yekaterinburg, Russia
[3)] Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

The SCC problem remains discussed until now, despite 40 years of research. The approaches to SCC of scientific organizations to defects up to 10% deep are considered. The mechanism of development depending on soil pH is described. Measures are proposed taking into account the acidity of the soil.

Дефекты коррозионного растрескивания под напряжением (КРН) являются наиболее опасными из всех видов коррозионной повреждаемости газопроводов, наиболее чаще приводящими к авариям на линейной части (ЛЧ) [1]. Из статистики, полученной при анализе аварий магистральных трубопроводов в ПАО «Газпром» за последние 20 лет следует, что КРН стало причиной не менее 50% аварий. Поэтому, при техническом диагностировании участков ЛЧ магистральных газопроводов (МГ) наибольшее внимание уделяется именно дефектам КРН. Однако, статистика показывает, что несмотря на значительные объемы ежегодно проводимых ремонтных работ (в том числе и по переизоляции участков ЛЧ МГ), количество таких дефектов не уменьшается [2].

Результаты исследований показывают, что подходы к ремонтам дефектов КРН могут быть разными. По мнению сотрудников ООО «Газпром ВНИИГАЗ», дефекты КРН, глубиной до 10 % от толщины стенки трубы не представляют опасности и могут быть приравнены к бездефектным трубам [3]. Аналогичное мнение изложено в методике некоммерческой организацией «Canadian Energy Pipeline Association». [4].

В основном, случаи обнаружения дефектов КРН при высоком pH (> 9) зафиксировано при определении причин разрушения газопроводов в США. При этом, механизм разрушения металла труб - межкристаллитный.

В почти нейтральных средах (pH 5÷7,5) КРН образуется посредством транскристаллитного распространения трещин, то есть когда трещина распространяется по телу зерна, а не по границам зерен [5].

Такой вид образования КРН, в основном, зафиксирован при расследовании случаев разрушения газопроводов России и Канады.

Электролиты в таких грунтах содержат поверхностно-активные вещества, которые при абсорбции на поверхности металла трубы приводят к локальному понижению прочности стали (охрупчивание).

Таким образом, определяя способ ремонта труб с дефектами КРН глубиной менее 10 % от толщины стенки трубы, образовавшихся по принципу транскристаллитного распространения, недостаточно ограничить доступ к поверхности трубы почвенного электролита.

Перед нанесением защитного изоляционного покрытия целесообразно выполнить мероприятия по определению pH грунтов, в которых пролегает дефектный участок и принять механизм образования трещин в соответствии с величиной pH:

1. pH > 9: механизм образования трещин транскристаллитный. В перечень технических мероприятий по ремонту дефектного участка включить пескоструйную обработку поверхности металла с последующим нанесением защитного изоляционного покрытия.

2. pH 5÷7,5: механизм образования трещин межкристаллитный. При ремонте дефектного участка ограничиться нанесением защитного изоляционного покрытия.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Диагностика», № АААА-А18-118020690196-3).

1. Сидорочев М.Е., Есиев Т.С., Ряховских И.В. и др. Стресс-коррозионное состояние технологических трубопроводов компрессорных станций и методика их технического диагностирования. – Газовая промышленность, 2010, № 9, с. 48 – 52.
2. Макаров С.Н., Рыбалко В.Г., Рыбалко С.В. Как предотвратить возникновение и развитие дефектов КРН. – ТехНадзор, 2013, № 3, с. 48-50.
3. Арабей А.Б., Мелехин О.Н., Ряховских И.В., Богданов Р.И., Абросимов П.В., Штайнер М., Маревски У. Исследование возможности длительной эксплуатации труб с незначительными стресс-коррозионными повреждениями. - Научно-технический сборник – ВЕСТИ ГАЗОВОЙ НАУКИ № 3 (27)/2016, с. 8-9.
4. Stress Corrosion Cracking, Recommended Practices, 2nd Edition, 2007
5. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. Издание 2-е переработанное и дополненное. Москва «МЕТАЛЛУРГИЯ» 1976, 58 с.

ИНИЦИИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ В ПОЛУПРОЗРАЧНОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ МАТЕРИАЛЕ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ В УСЛОВИЯХ СОПРЯЖЕННОГО ТЕПЛООБМЕНА

Овчинников Е.Н.[1]

[1)] Томский национальный исследовательский государственный университет, г. Томск, Россия

E-mail: desk10567@gmail.com

INITIATION OF A CHEMICAL REACTION IN A SEMITRANSPARENT ENERGETIC MATERIAL BY LASER RADIATION UNDER CONDITIONS OF CONJUGATE HEAT TRANSFER

Ovchinnikov E.N.[1]

[1)] Tomsk National Research State University, Tomsk, Russia

In this work, the finite difference method is used to study the heating of a three-layer sample during a chemical reaction in the middle layer.

Сопряженные задачи теплопроводности представляют большой практический интерес. Например, результаты исследования таких задач могут использоваться для решения проблем в обработке материалов, пожаровзрывобезоопасности, строительстве и многих других областях. Будем анализировать ситуацию, в которой энергетический материал (ЭМ) находится между стеклянной и металлической пластинами. Будем исследовать процесс нагрева такого трехслойного образца лазерным излучением. В зависимости от оптических свойств границ раздела и оптических свойств ЭМ ситуация может быть разной, что приведет к различным закономерностям в инициировании реакции [1].

Будем полагать, что общая толщина слоя энергетического материала и пластин намного меньше размера образца в направлениях перпендикулярно оси oZ, а излучение лазера, падающее слева, однородно распределено вдоль поверхности, которая считается плоской. Тогда нашу задачу можно рассматривать, как одномерную. В зависимости от рассматриваемого варианта задачи, учитывается поглощение излучения на границе между ЭМ и стеклянной пластиной или между ЭМ и металлической пластиной. Условия теплового контакта материалов с разными свойствами считаем идеальными, что выражается как непрерывность температуры и теплового потока. Характер распределения температуры в слоях будет зависеть от соотношения теплофизических свойств слоев.

Полагаем, что стеклянная пластина является прозрачной, а металлическая, напротив, непрозрачной для лазерного излучения. Поэтому для них поглощение в объеме будет отсутствовать. В ЭМ может протекать химическая реакция, тогда источник тепла в среднем слое будет включать два слагаемых. Первое связано с химическим тепловыделением, второе – с поглощением излучения в объеме.

Конкретный вид источника тепла зависит от оптических свойств ЭМ. Пример расчета показан на рис.1

1.Поглощение энергии происходит на границе между стеклянной пластиной и ЭМ. В этом случае химическая реакция, начинается вблизи левой границы. Характер распределения температуры для этого случая показан на рисунке 1 слева.

2.Поглощение энергии полностью происходит на границе между металлической пластиной и ЭМ. В этом случае химическая реакция начинается вблизи правой внутренней границы. Характер распределения температуры для этого случая показан на рисунке 1 справа.

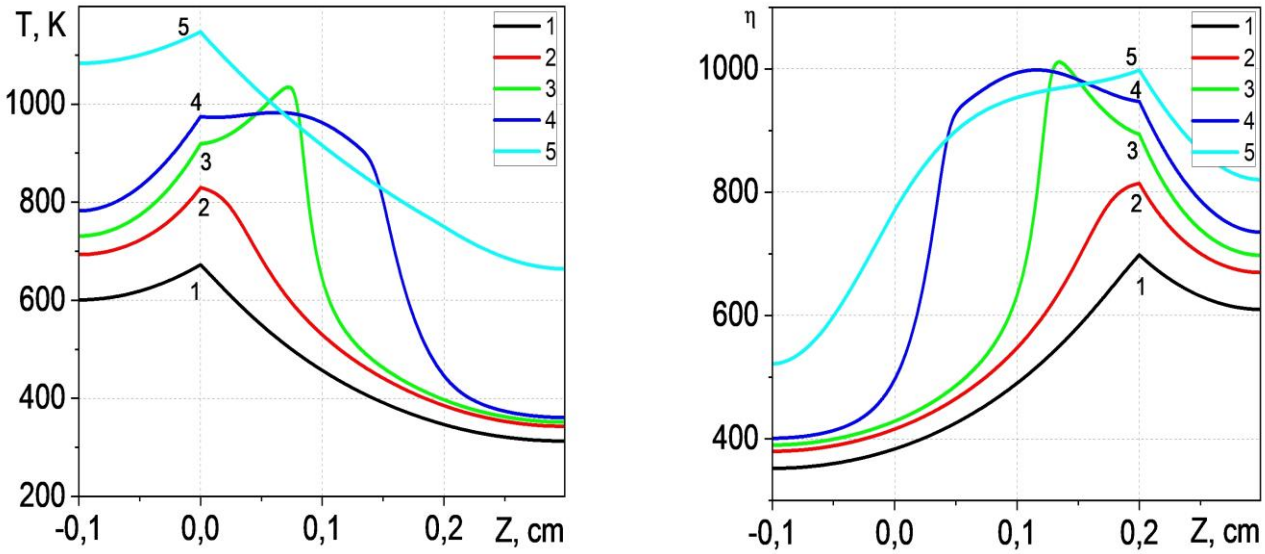


Рис. 1. Примеры распределение температуры в различные моменты времени для первого (слева) и второго (справа) вариантов задачи. Для рисунка слева: 1-0.75с, 2-095с, 3-1с, 4-1.05, 5-1,5с. Для рисунка справа: 1-0.95с, 2-1.1с, 3-1.15с, 4-1.2с, 5-1.3с.

В обоих вариантах стеклянная и металлическая пластины являются стоком тепла для ЭМ. Однако при отключении внешнего импульса запасенное в инертных материалах тепло будет способствовать поддержанию реакции в ЭМ.

Если ЭМ является полупрозрачным, то возможны разные ситуации, зависящие от поглощения в объеме и отражения от границ.

Автор выражает благодарность Князевой Анне Георгиевне (Научному руководителю) за постановку темы научно-исследовательской работы и помощь при ее исследовании.

1. Князева А.Г., Зарко В.Е. Особенности нагрева лазерным излучением полупрозрачного материала, помещенного между стеклянной и металлической пластинами // Известия ВУЗов. Физика, (2014)
2. Князева А.Г., Зарко В.Е. Инициирование разложения полупрозрачной смеси энергетических материалов импульсом лазерного излучения // Физика горения и взрыва, (2018)

ПРОВОДИМОСТЬ ДОПИРОВАННОГО $La_2ScZnO_{5.5}$

Пачина С.П.[1], Белова К.Г.[1, 2], Егорова А.В.[1, 2], Анимица И.Е.[1]

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

CONDUCTIVITY OF DOPED $La_2ScZnO_{5.5}$

Pachina S.P.[1], Belova K.G.[1, 2], Egorova A.V.[1, 2], Animitsa I.E.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of High Electrochemistry, Yekaterinburg, Russia

Perovskite $La_2ScZnO_{5.5}$ and solid solutions were synthesized by a solid-phase reaction at 700-1400ºC. All samples are orthorhombic with space group Pnma. The electrical properties of samples are investigated by impedance spectroscopy in temperature range 300-1000ºC in wet and dry atmospheres.

Актуальной задачей на сегодняшний день является поиск твердых электролитов, обладающих выгодным сочетанием высокой проводимости и химической стабильности. Многообещающим классом с этой точки зрения являются перовскиты с формулой $A_2B'B''O_{5.5}$, в которых в B-подрешетке расположены два сорта катионов. Интересным кажется создание подобного перовскита на основе вещества, уже широко используемого как матрица для синтеза новых электролитов - $LaScO_3$ [1,2]. В качестве второго катиона в подрешетке использовался цинк, как добавка, снижающая температуру плавления и, соответственно, позволяющая улучшить качество керамики [3].

Синтез образцов проводился по твердофазной технологии при ступенчатом повышении температуры в температурном интервале 700 − 1400ºC, с промежуточными перетираниями в среде этилового спирта. Были получены твердые растворы на основе скандата-цинката лантана $La_2ScZnO_{5.5}$ с гетеровалентным замещением части позиций (10%) как в A-, так и в B-подрешетке на ионы щелочноземельных металлов: ионы La^{3+} (r = 1.36 Å) были замещены на ионы Ca^{2+} (r = 1.34 Å), ионы Sc^{3+} (r = 0.745 Å) − на ионы Mg^{2+} (r = 0.72 Å) и Ca^{2+} (r = 1.00 Å). При замещении на ионы с меньшим радиусом объём ячейки уменьшается, а при замещении на ионы с большим радиусом происходит увеличение объёма ячейки.

Кристаллическая решетка полученных перовскитов описывается ромбической симметрией с пр.гр. Pnma. Методом электрохимического импеданса получены температурные зависимости общей электропроводности в интервале температур 300 − 1000ºC в сухой ($pH_2O = 10^{-5}$ атм) и влажной ($pH_2O = 10^{-2}$ атм) атмосферах. Проводимость всех допированных образцов реагирует на увеличение влажности атмосферы. Это проявляется в виде повышения электропроводности при температурах ниже 500ºC, что вызвано появлением дополнительного вклада протонного переноса.

Допирование фазы $La_2ScZnO_{5.5}$ приводит к увеличению проводимости полученных образцов, за счет возникновения дополнительного кислородного дефицита при введении акцепторной добавки. Наибольшие значения электропроводности получены для образца $La_2Sc_{0.9}Ca_{0.1}ZnO_{5.45}$.

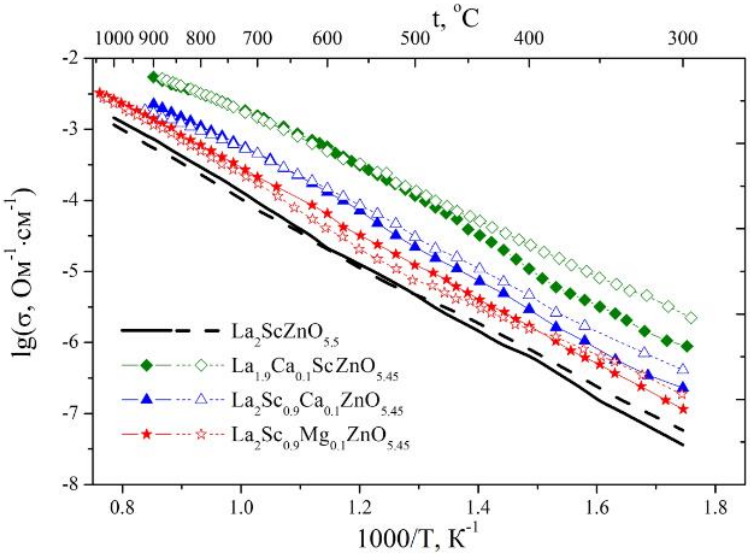


Рис. 1. Сравнение температурных зависимостей общей электропроводности $La_{1.9}Ca_{0.1}ScZnO_{5.45}$, $La_2Sc_{0.9}Ca_{0.1}ZnO_{5.45}$ и $La_2Sc_{0.9}Mg_{0.1}ZnO_{5.45}$, в сравнении с недопированной фазой $La_2ScZnO_{5.5}$ в сухой и влажной атмосферах.

1. Lybye D., Bonanos N, Proton and oxide ion conductivity of doped LaScO3 , Solid State Ionics, 125, 339–344 (1999).
2. Строева А. Ю., Кузьмин А. В., Протонпроводящие материалы на основе LaScO3 : монография, Saarbrücken : LAP Lambert, 192 (2016).
3. Демчук В. А., Щекина Г. Б., Костюков Н. С., Влияние минерализующих добавок ZnO и B2O3 на температуру спекания стеатитовой керамики, Перспективные материалы, М., 6, 11– 14 (2013).

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ СТРУКТУР $(In_2O_3/SiO_2)_{25}$

Панков С.Ю.[1], Жилова О.В.[1], Макагонов В.А.[1], Каширин М.А.[1], Фошин В.А.[1], Четверикова А.П.[1]

[1)] Воронежский Государственный Технический Университет, г. Воронеж, Россия

E-mail: srgpank@mail.ru

OPTICAL PROPERTIES OF $(In_2O_3/SiO_2)_{25}$ MULTILAYER STRUCTURES

Pankov S.Yu.[1], Zhilova O.V.[1], Makagonov V.A.[1], Kashirin M.A.[1], Foshin V.A.[1], Chetverikova A.P.[1]

[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

$(In_2O_3/SiO_2)_{25}$ multilayer structures were obtained by ion-beam sputtering. The structure of $(In_2O_3/SiO_2)_{25}$ thin films are amorphous. Multilayer structures have high transparency and low electrical resistance, which makes them a promising material for transparent electronics.

В настоящее время в устройствах прозрачной электроники в качестве функциональных слоев широко используют пленки на основе прозрачных проводящих оксидов металлов. Стабильность структуры и свойств таких оксидных полупроводников характеризуется несколькими показателями. В первую очередь, их свойства определяются наличием кислородных вакансий, число которых можно задавать, вводя кислород при синтезе материала [1]. Во-вторых, необходимо контролировать структурное состояние пленок (аморфное или кристаллическое), что достигается путем введения аморфизаторов (Sn, Ga или Si) [2]. Объединить два этих подхода можно используя совместное распыление мишеней из оксидного полупроводника и SiO_2.

Многослойные структуры In_2O_3/SiO_2 были получены методом ионно-лучевого напыления, путем последовательного распыления мишеней In_2O_3 и SiO_2 на вращающуюся подложку из стекла. 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 менялась толщина слоя SiO_2. Толщины образцов $(In_2O_3/SiO_2)_{25}$, измеренные с помощью оптической профилометрии, составляли величину от 160 до 200 нм, толщины бислоев 6,3 – 7,8 нм, соответственно.

Результаты рентгеноструктурного фазового анализа пленок In_2O_3/SiO_2 свидетельствуют о том, что данные пленки являются рентгеноаморфными, в отличии от кристаллических пленок чистого In_2O_3, полученных аналогично. Наличие периодической структуры подтверждается как методом рентгеновской рефлектометрии, так и микрофотографиями поперечного сечения образцов, полученными просвечивающей электронной микроскопией.

Оптические свойства были измерены при помощи двухлучевого спектрофотометра ECOVIEW UV-6100C. Для пленок чистого In_2O_3 коэффициент пропускания (T) монотонно возрастает от 65 до 80% в интервале длин волн $\lambda = 400-1100$ нм. Результаты исследования спектров пропускания системы $(In_2O_3/SiO_2)_{25}$ показывают, что полученные образцы обладают достаточно высокой прозрачностью (65 - 90%), соизмеримой с тонкими пленками In_2O_3. Основным отличием кривых $T=f(\lambda)$ для исследованных периодических структур $(In_2O_3/SiO_2)_{25}$ является максимум коэффициента пропускания (T_{max}), значение λ_{max} для которого увеличивается с увеличением толщины бислоя, но не приводит к смещению края фундаментального поглощения.

Таким образом, являясь прозрачными и имея достаточно невысокое сопротивление (порядка 10^{-3} Ом·см), полученные пленки $(In_2O_3/SiO_2)_{25}$ могут быть использованы в качестве стабильных каналов тонкопленочных транзисторов для устройств прозрачной электроники.

Работа была выполнена при поддержке государственного задания (№ FZGM-2020-0007)

1. H.M. Kim et.al., Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 19, 1790-1794 (2019).
2. N. Mitoma et.al., Appl. Phys. Lett., 104, 102103 (2014).

INVESTIGATION OF $La_{0.9}M_{0.1}MnO_{3\pm y}$ (M = Li – Cs) SYNTHESIS CHARACTERISTICS AND CHARGE GENERATION POSSESS DURING THE COMBUSTION OF ORGANO-NITRATE PRECURS

Permiakova A.E.[1], Russkikh O.V.[1], Ostroushko A.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

E-mail: nastia.permiakova@yandex.ru

The relationship between the composition of the precursor (polymer component, φ), the features of the synthesis process (charge generation, maximum temperature, waste gases) and physico-chemical properties of the complex oxide $La_{0.9}M_{0.1}MnO_{3\pm y}$ (M=Li,Na,K,Rb,Cs) was studied.

Lanthanum manganite with a perovskite-type structure, including doped, finds application in various fields of technology, for example, it can be used as a component either for solid oxide fuel cells or thermocatalytic devices for atmosphere protection from toxic emissions. Lanthanum manganites doped with alkali metal ions present interest as catalytic materials for the oxidation of carbon-containing substances. Due to their high catalytic activity, it become possible to significantly reduce the content of platinum group metals in real catalytic device, which in teams essentially reduces its

cost and make it more affordable. The synthesis conditions of complex oxides are important to ensure the desired characteristics of materials such as catalytic activity, stability in working environments etc.

Complex oxides with a perovskite structure $La_{0.9}M_{0.1}MnO_{3\pm y}$ (M=Li,Na,K,Rb,Cs) were synthesized by the pyrolysis of polymer-salt compositions (a variant of the Solution Combustion Synthesis method). Nitrates of appropriate metals and polyvinyl alcohol or polyvinylpyrrolidone were used as starting reagents. To study the effect of the composition of the initial precursor on the characteristics of the combustion process and the properties of the complex oxide material, the different ratio (φ) between nitrate and polymer part were taken for its preparation.

Maximum temperature achieved, the intensity of the thermochemical charge generation, composition of waste gases were investigated during pyrolysis. The measurement of the intensity of charge generation was carried out by heating the initial precursor on an electric stove, an alcohol lamp and during combustion without heat supply from an external source. Phase composition of the obtained complex oxides was identified by X-ray powder diffraction (Bruker D8 ADVANCE, CuKα), morphology – electron microscope AURIGA CrossBeam (Carl Zeiss NTS), specific surface – analyzer TRISTAR 3020 (Micromeritics). Catalytic activity was investigated for the reaction of soot oxidation with atmospheric oxygen (gravimetric method). The tight contact between the soot and the catalyst (ratio – 1/4) was ensured, in the temperature range 250-450°C.

The appearance of charges in the precursor detected during the synthesis leads to a mutual repulsion of the resulting nanoparticles (20-100 nm), which affects the morphology and size of the particles and the specific surface area, the possibility of ensuring a closer contact with soot particles during catalysis.

The dependence of the indicated properties on the composition of precursor has been revealed. Introduction of alkali metal ions significantly increase the catalytic activity of lanthanum manganite. A correlation was also found between the catalytic activity and thermal stability of alkali metal carbonates associated with their ionic radius. This indicates the mechanism of catalytic oxidation of soot with the formation of intermediate unstable carbonate-like complexes.

The research results were funded by RFBR according to the research project № 19-03-00230.

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 ВЛИЯНИЯ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОРОШКА ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ НА ПЛОТНОСТЬ СПЕЧЕННОЙ КЕРАМИКИ

Поливода Д.О.[1], Харисова К.А.[1, 2], Косых А.С.[1], Гордеев Е.В.[1], Гурьянова А.А.[1], Буйначев С.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

[2)] Институт высокотемпературной электрохимии уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

E-mail: dmitry.polivoda@urfu.me

STUDY OF EFFECT OF THE SPECIFIC SURFACE AREA OF ZIRCONIUM DIOXIDE POWDER ON THE SINTERED DENSITY

Polivoda D.O.[1], Kharisova K.A.[1, 2], Kosykh A.S.[1], Gordeev E.V.[1], Guryanova A.A.[1], Buinachev S.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

[2)] Institute of High Temperature Electrochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

In this work, samples of zirconium ceramics were obtained. The effect of the specific surface area of the zirconia powder on the density of the sintered bodies was studied. It was found that with an increase in specific surface area, the sintering density also increases.

Зубные протезы из диоксида циркония являются альтернативой традиционно используемым металлическим и металлокерамическим коронкам, поскольку обладают лучшей биосовместимостью, прочностью и эстетичностью [1]. Производство высокоплотных изделий с заданными характеристиками возможно при использовании в качестве исходного материала порошков, имеющих оптимальную морфологию и состояние поверхности.

Гидроксид циркония получали методом контролируемого двуструйного осаждения путем одновременного дозирования в реакционный объем предварительно сформированного кислого золя сульфата циркония и водного раствора аммиака при постоянном перемешивании. Осадок сушили, разделили на три части и прокаливали при температурах 800, 900 и 1100 °С. Далее синтезированные оксиды циркония, оксиды иттрия и алюминия подвергали совместному помолу в водной среде в бисерной мельнице, после чего полученный шликер сушили путем распыления его форсункой в атмосферу горячего воздуха. Порошки после распылительной сушки формовали методом одноосного холодного прессования, затем заготовки спекали при температуре 1350 °С.

Параметры поверхности синтезированных оксидов исследовали с помощью анализатора сорбции газов Nova 1200e фирмы Quantachrome методом BET. Плотность полученных образцов измеряли методом гидростатического взвешивания

в воде при комнатной температуре на аналитических лабораторных весах компании Mettler Toledo.

Установлено, что с ростом температуры обжига значение удельной поверхности порошков диоксида циркония нелинейно уменьшается: у образца, прокаленного при 800 °С, значение удельной поверхности составляет 45,2 м²/г, при 900 °С – 11,7 м²/г, при 1100 °С – 4,7 м²/г. Возможно, это связано со снижением дефектности частиц порошка в результате протекания процесса твердофазной диффузии, скорость которой экспоненциально возрастает с повышением температуры прокаливания.

Относительная плотность спеченных образцов возрастает с повышением удельной поверхности оксидов (рисунок 1). Наибольшая плотность наблюдается у образца, изготовленного из оксида, прокаленного при 800 °С.

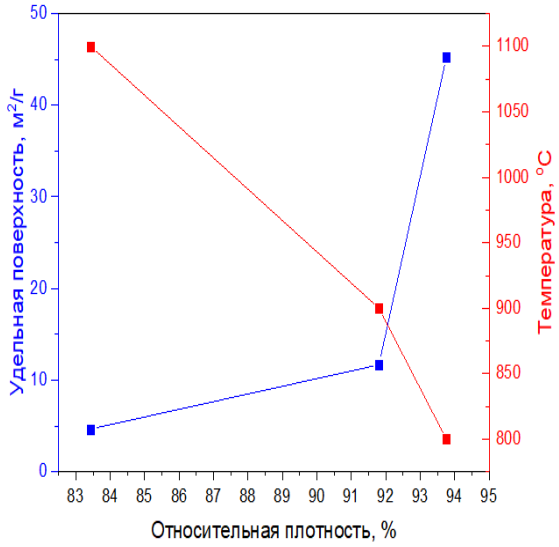


Рис. 1. Изменение плотности после спекания керамики от удельной поверхности порошков и температуры спекания

1. Zirconia in dental prosthetics: a literature review Jonathan Grech, Elsa Antunes College of Science and Engineering, James Cook University, Townsville, QLD 4811, Australia

ВЛИЯНИЕ БЛИЖНЕГО И ДАЛЬНЕГО ПОРЯДКА НА КИНЕТИКУ ВЫДЕЛЕНИЯ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ В СПЛАВЕ С4

Путинцева Е.Д.[1], Тимошина Е.В.[1], Попкова Д.С.[1], Жиляков А.Ю.[1], Беликов С.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: d.s.popkova@urfu.ru

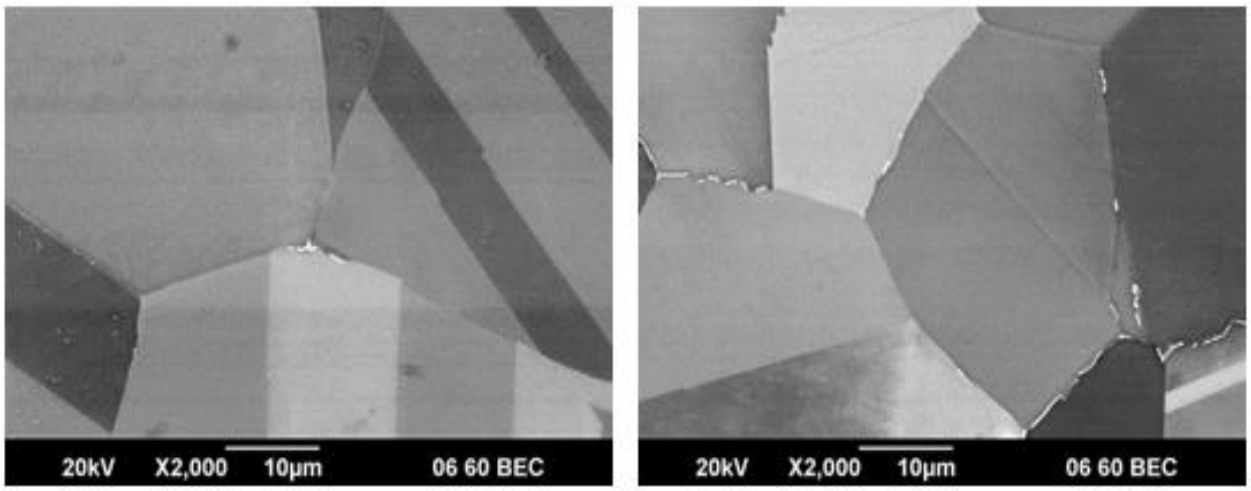
INFLUENCE OF THE SHORT-RANGE AND LONG-RANGE ORDER ON THE KINETICS OF THE INTERMETALLIC PRECIPITATION IN THE ALLOY C4

Putinceva E.D.[1], Timoshina E.V.[1], Popkova D.S.[1], Zhilyakov A.Yu.[1], Belikov S.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Today's industry requires improved construction materials to work in highly corrosive environments. Such materials are the Ni-Cr-Mo system. In this work, the influence of short-range and long-range order on the intermetallic compound precipitation kinetics was estimated using the example of alloy C4

Современная промышленность создает новые вызовы в области материаловедения. В частности, ужесточаются условия эксплуатации металлических изделий: ответственных узлов, трубопроводов и пр. – в химической промышленности и ядерной энергетике. Так, например, актуальной остается задача поиска и совершенствования конструкционных материалов для работы в расплавах солей повышенной коррозионной активности: фторидах, хлоридах, карбонатах и пр. – при повышенных температурах и давлениях. На сегодняшний день основным классом материалов, применяемым для этих сред является группа коррозионностойких сплавов на основе системы Ni-Cr-Mo. Эти сплавы склонны к упорядочению. Причем, для температур 150…400 °С в основном характерны эффекты ближнего порядка, а для 550…650 °С – дальнего порядка. Последние требуют значительного времени выдержки (более 500 часов) при указанных температурах [1, 2]. Стабильность структуры коррозионностойких сплавов – одно из условий сохранения комплекса его свойств при эксплуатации. Никельхроммолибденовые сплавы являясь стареющими, требуют изучения влияния различных факторов на скорость выделения вторых фаз. В настоящей работе предпринята попытка оценить влияние ближнего и дальнего порядка на кинетику выделения интерметаллидов на примере сплава С4. Методами электронной микроскопии показана разница в доле выделений интерметаллидов в области минимальной устойчивости к распаду пересыщенного твердого раствора в сплаве С4 в зависимости от предварительно сформированного ближнего или дальнего порядка (рис. 1).



а б

Рис. 1. Структура сплава после выдержки при 850 °С в течении 2 часов: предварительно сформирован ближний порядок (а); предварительно сформирован дальний порядок (б).

Работа выполнена в рамках государственного задания РФ № 0836-2020-0020.

1. Zhilyakov A.Y., Belikov S.V., Gibadullina A.F., Polovov I.B., Ilikbaev I.V. Relation Between Short-Range and Long-Range Ordering and Physical Properties of Corrosion-Resistant Alloys of the Ni – Cr – Mo System (2020) Metal Science and Heat TreatmentVolume 61, Issue 11-12, 1 March 2020, Pages 792-797. ISSN: 00260673. DOI: 10.1007/s11041-020-00502-7
2. Polovov I.B., Abramov A.V., Gibadullina A.F., Alimgulov R.R., Karpov V.V., Zhilyakov, A.Y., Khotinov V.A., Belikov, S.V. The effect of microstructure on the corrosion resistance of VDM® alloy C-4 in molten salts (2019) Journal of Alloys and Compounds, 810, 151758 ISSN: 09258388. DOI: 10.1016/j.jallcom.2019.151758

РАЗМЫТИЕ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КЕРАМИКЕ $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$

Гриднев С.А.[1], Попов И.И.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

E-mail: popovich_vano@mail.ru

DIFFUSION OF THE PHASE TRANSITION IN FERROELECTRIC CERAMIC $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$

Gridnev S.A.[1], Popov I.I.[1]

[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

The temperature dependences of dielectric permittivity in the ceramic solid solution $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ were investigated. An increase in degree of diffusion of the phase transition with increasing strontium concentration is explained within the framework of composition fluctuation model.

Материалы на основе титаната бария широко используются в электронной промышленности [1], поскольку проявляют хорошие диэлектрические свойства и не имеют в своем составе свинца. Целью данной работы являлось изучение особенностей влияния атомов стронция на размытие кубически-тетрагонального фазового перехода в твёрдом растворе $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$, полученном по керамической технологии.

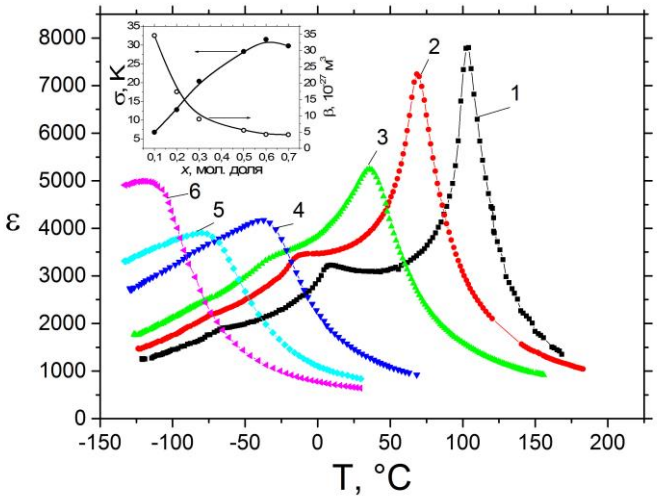


Рис. 1. Температурные зависимости диэлектрической проницаемости твёрдого раствора $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$, измеренные на частоте 1 кГц, при разных значениях x: 1 – 0,1; 2 – 0,2; 3 – 0,3; 4 – 0,5; 5 – 0,6; 6 – 0,7

Исследование температурных зависимостей диэлектрической проницаемости ε на частоте 1 кГц показало, что увеличение концентрации стронция приводит к смещению температуры максимума ε в сторону более низких температур, а

сам максимум ε уменьшается по высоте и становится более размытым (рис. 1). Размытие фазового перехода связано, по-видимому, с замещением атомов Ba на атомы Sr, в результате чего образуются области, имеющие свои локальные температуры Кюри, зависящие от состава [2]. В соответствии с [2] была получена зависимость параметра размытия σ от концентрации атомов Sr (вставка на рис. 1). Видно, что с ростом концентрации атомов стронция σ увеличивается, что в рамках модели флуктуаций состава объясняется разупорядочением распределения ионов Ba и Sr в узлах кристаллической решётки.

Исследуемые образцы претерпевают фазовый переход первого рода, который сопровождается возникновением локальных полярных областей в неполярной матрице. Поэтому была проведена оценка объёмов локальных полярных областей β и исследована их зависимость от концентрации Sr. Было выявлено, что увеличение содержания атомов Sr приводит к уменьшению объёма зародышей новой фазы вещества (вставка на рис. 1). Такая зависимость объясняется уменьшением величины спонтанной поляризации и, как следствие, снижением энергии деполяризующего поля зародышей полярной фазы.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки в рамках государственного задания (проект № FZGM-2020-0007).

1. Воротилов К.А., Мухортов В.М., Сигов А.С. Интегрированные сегнетоэлектрические устройства / Под ред. А.С. Сигова. - М.: Энергоатомиздат (2011).
2. Смоленский Г.А., Боков В.А., Исупов В.А., Крайник Н.Н., Пасынков Р.Е., Соколов А.И. и Юшин Н.К. Физика сегнетоэлектрических явлений. – Л.: Наука (1985).

SYNTHESIS AND STUDY OF SULFIDE CATALYSTS FOR PHOTOCATALYTIC HYDROGEN PRODUCTION

Potapenko K.O.[1, 2], Kurenkova A.Yu.[1], Kozlova E.A.[1, 2]

[1)] Boreskov Institute of Catalysis, Novosibirsk, Russia
[2)] Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia
E-mail: potapenko@catalysis.ru

A series of novel catalysts $Cd_{0.4}Mn_{0.6}S$/g-C_3N_4 with different $Cd_{0.4}Mn_{0.6}S$ contents was synthesized. The obtained composites showed high photocatalytic activities in H_2 evolution reaction and the highest H_2 evolution rate of 0.23 μmol min^{-1}.

The rapid depletion of oil resources necessitates extensive mastering of alternative energy and raw material sources for the chemical industry. Serious attention is presently given to use of hydrogen as a fuel. An advantage of hydrogen is its high heating value. Furthermore, the product of its combustion is water, an environmentally friendly substance. The photocatalytic decomposition of water to hydrogen and oxygen using

solar energy is promising, but catalytic activity in this process is quite low due to the recombination of photogenerated charge carriers on the semiconductor surface. The addition of sacrificial agents in the system reduces the rate of charge recombination and increases the rate of hydrogen evolution [1].

Graphitic carbon nitride (g-C_3N_4) is a typical metal-free polymeric semiconductor material, has attracted much attention in photocatalysis due to its non-toxicity, inexpensiveness, high chemical and thermal stability, and easy preparation, also g-C_3N_4 has a band gaps are 2.7 eV and can absorb light up to 460 nm, but g-C_3N_4 suffers from drawbacks including low visible-light utilization efficiency, low surface area, and rapid recombination of the photogenerated charges, which largely limit its photocatalytic activity.

The solid solution of CdS and MnS, $Cd_xMn_{1-x}S$ allows one to control the composition as well as a band gap which makes it possible to vary the positions of the valence and conduction bands. Recently we synthesized and studied photocatalysts $Cd_xMn_{1-x}S$ (x = 0 – 1) in the hydrogen evolution reaction under the visible light [2]. The sample with x = 0.6 demonstrated the highest rate of hydrogen evolution.

Composites based on g-C_3N_4 and $Cd_xMn_{1-x}S$ have been developed as highly efficient materials for photocatalytic hydrogen evolution, because there is the formation of a heterojunction that promotes the separation of photogenerated charge carriers. The work was aimed at the synthesis and research of new sulfide catalysts for photocatalytic hydrogen evolution under visible light irradiation using 450 nm LED as a light source.

The composites were synthesized by impregnating g-C_3N_4 with a solution of the salts of cadmium and manganese, followed by the formation of cadmium and manganese hydroxides and reprecipitation with a Na_2S solution. The mass fraction of the solid solution supported on carbon nitride varied from 5 to 90%. The concentration of hydrogen was determined by means of Khromos gas chromatograph (Russia) equipped with thermal conductivity detector with argon as the carrier gas.

The activity of photocatalysts was studied in the process of photocatalytic hydrogen evolution from a 0.1M Na_2S/0.1M Na_2SO_3 suspension under visible light with a maximum wavelength of 450 nm. The highest activity, equal to 0.23 μmol min^{-1}, was exhibited by the sample 50% $Cd_{0.4}Mn_{0.6}S$/g-C_3N_4.

This work was supported by the grant of the President of the Russian Federation MD-79.2020.3

1. Lyubina T. P., Kozlova E. A., Kinetics and Catalysis, 53, 188-196 (2012).
2. Potapenko K.O., Kurenkova A.Y., Cherepanova S.V., Gerasimov E.Y., Kozlova E.A., AIP Conference Proceedings, 2301, 040007:1-5. (2020).

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ $Fe_{0.5}Co_{0.5}$ МЕТОДАМИ РЕЗОНАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Прокопьев Д.А.[1], Гермов А.Ю.[1], Михалёв К.Н.[1], Голобородский Б.Ю.[1], Уймин М.А.[1], Ермаков А.Е.[1], Конев А.С.[1]

[1)] Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: prokopev.dima@mail.ru

INVESTIGATION OF MAGNETIC NANOPARTICLES $Fe_{0.5}Co_{0.5}$ BY RESONANCE SPECTROSCOPY

Prokopyev D.A.[1], Germov A.Yu.[1], Mikhalev K.N.[1], Goloborodskii B.Yu.[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

Nanoparticles $Fe_{0.5}Co_{0.5}$ were synthesized by the gas-phase method, part of the sample was annealed. The NMR spectra of ^{59}Co and NGR ^{57}Fe have been obtained, and the magnetization and effective surface of the nanoparticles have been measured. The ^{59}Co NMR spectra are inhomogeneously broadened lines.

Магнитные наночастицы представляют интерес с фундаментальной точки зрения, так как в зависимости от размеров, формы и состава наночастиц наблюдаются изменения физических свойств [1,2]. Особый интерес к этим материалам обусловлен возможностью практического применения наночастиц в спинтронике, сенсорных устройствах, суперконденсаторах, в качестве катализаторов химических реакций, а также в медицине, как контрастные агенты МРТ или для адресной доставки лекарств.

Одной из наиболее важных физических характеристик наночастиц является намагниченность насыщения. Бинарные сплавы $Fe_{(1-x)}Co_x$, в отличии от чистых металлов имеют большие значения намагниченности насыщения. Однако, до сих пор в литературе нет данных о результатах исследования подобных частиц методами ЯМР.

Наночастицы $Fe_{0.5}Co_{0.5}$ были приготовлены методом газофазного синтеза. [3]. Для получения однородных частиц без примеси оксидов, был проведён высокотемпературный отжиг (600°C) в вакуумной камере в течении 1 часа.

В работе были получены и проанализированы спектры ЯМР ^{59}Co и ЯГР ^{57}Fe, приводятся результаты измерения эффективной поверхности и магнитной восприимчивости.

Согласно полученным данным, размер наночатиц и их намагниченность составляет 38 нм и 178 emu/g, соответственно. В процессе отжига, размер и намагниченность с точностью до погрешности не изменились. Спектр ЯМР ^{59}Co представляет собой неоднородно - уширенную линию с центром в точке ~270 МГц и шириной на половине высоты примерно 40 МГц. В сравнении с результатами,

полученными для макро образцов [4], центр линии значительно смещается в область больших частот (15 МГц). После отжига ЯМР спектр наночастиц соответствует спектру упорядоченного сплава [4]. Таким образом, исходный образец по данным ЯМР и ЯГР представляет собой неупорядоченный сплав, а образец после отжига – в основном, упорядоченный, что согласуется с результатами [4].

Работа выполнена в рамках государственных тем «Функция» № АААА-А19-119012990095-0, «Магнит» No АААА-А18-118020290129-5 и «Сплавы» № АААА-А19-119070890020-3).

1. Xiaobai Wang, et.al., Journal of MMM 489, (2019)
2. Vnukova N., et al., Journal of M.M.M. 440, 164–166 (2017)
3. Tsurin V. A., et al., Physics of the Solid State 56, 287 (2014)
4. Serikov.V.V., et.al., The Physics of Metals and Metallography 118(11), 1093-1101 (2017)

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК CDSECDS И ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ

Романова К.А.[1], Галяметдинов Ю.Г.[1]

[1)] Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

E-mail: ksenuya@mail.ru

QUANTUM-CHEMICAL STUDY OF OPTOELECTRONIC MATERIALS BASED ON SEMICONDUCTOR QUANTUM DOTS CDSECDS AND LIQUID-CRYSTALLINE POLYMERS

Romanova K.A.[1], Galyametdinov Yu.G.[1]

[1)] Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Quantum-chemical study of the interaction of some liquid-crystalline polymers with the surface of CdSeCdS quantum dots and the processes of intermolecular energy transfer showed that polymers can act as passivating surface agents and enhance the emission efficiency of quantum dots.

Сочетание жидкокристаллических (ЖК) свойств полимеров с оптоэлектронным свойствами полупроводниковых квантовых точек (КТ) позволяет создавать на их основе функциональные материалы для оптоэлектроники с улучшенной эффективностью излучения и механической прочностью благодаря равномерному распределению частиц в материале. В данной работе применение квантово-

химического моделирования позволило оценить эффективность процессов межмолекулярного переноса энергии между некоторыми ЖК полимерами и полупроводниковыми КТ CdSeCdS, а также возможность полимеров выступать в роли пассивирующих поверхностных агентов, способствующих стабилизации формы, размера и свойств частиц. С использованием метода теории функционала плотности был осуществлен расчет строения и энергий низших возбужденных состояний ЖК полимеров, используемых в оптоэлектронных материалах, а также геометрии поверхности КТ. Выявлено различие между геометрическими параметрами в объеме и на поверхности КТ CdSeCdS, что указывает на отклонение морфологии поверхности от внутренней структуры частицы. Установлено, что в процессах межмолекулярного переноса энергии с участием полимеров и КТ возможно участие триплетных возбужденных состояний полимеров. Моделирование взаимодействия полимеров с поверхностью КТ позволило изучить влияние природы полимеров на величину энергии образуемой с поверхностью КТ донорно-акцепторной связи. Рассмотренные полимеры образуют прочные связи с поверхностными атомами кадмия и действуют как поверхностные агенты. Представленные теоретические подходы к исследованию взаимодействия ЖК полимеров с поверхностью КТ могут быть использованы при подборе компонентов для оптоэлектронных устройств и оценке эффективности их излучения.

Квантово-химические расчеты были выполнены с использованием суперкомпьютеров МВС-10П и МВС-100К «Межведомственного суперкомпьютерного центра РАН», вычислительных ресурсов «Ломоносов» и «Чебышев» суперкомпьютерного комплекса МГУ имени М.В. Ломоносова [1].

1. Vl. V. Voevodin, S. A. Zhumatiy, S. I. Sobolev, A. S. Antonov, P. A. Bryzgalov, D. A. Nikitenko, K. S. Stefanov and Vad. V. Voevodin, Open Systems J., Iss. 7, 36–39 (2012).

ФРАКТОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЛОПАТКИ ТУРБИНЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Рыбалко В.Г.[1], Новгородов Д.В.[1], Сурков А.Ю.[1], Рогова Е.А[1]

[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

FRACTOGRAPHIC STUDY OF FATIGUE FAILURE OF A HIGH-PRESSURE TURBINE ROTOR BLADE

Rybalko V.G.[1], Novgorodov D.V.[1], Surkov A.Yu.[1], Rogova E.A.[1]

[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Yekaterinburg, Russia.
[2)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia.

The paper presents the results of studying the fracture surface of a high-pressure turbine rotor blade with a crack. The crack grew by a fatigue mechanism, with the formation of fan-shaped scars and grooves along the crack front in the fracture. Fatigue crack propagation caused emergency fracture.

В работе представлены результаты фрактографического исследования поверхности разрушения рабочей лопатки турбины высокого давления с усталостной трещиной.

Основной целью работы являлось изучение поверхности разрушения, как части полного заключения о причинах аварийной остановки турбины и определения причины его возникновения.

Исследуемая лопатка имела повреждения в виде трещины, расположенной на выходной кромке пера в плоскости параллельно полке замка. Для исследования поверхности разрушения лопатки из пера были предварительно вырезаны образцы, включавшие зоны разрушения. Поверхность излома лопатки - ориентирована нормально оси пера, располагается со стороны выходной кромки лопатки, гладкая, покрыта темной окисной пленкой, а на поверхности видны полуконцентрические линии, то есть содержит признаки усталостного роста [1]. Характерные ростовые полуконцентрические усталостные линии, развивающиеся от выходной кромки в сторону входной, позволяют указать место начала развития трещины со стороны выходной кромки.

Исследование рельефа излома с использованием оптического и растрового электронного микроскопа показало, что на поверхности разрушения лопаток вблизи выходной кромки присутствует зона хрупкого транскристаллитного и межзеренного разрушения, окруженная внутризеренным изломом с развитым микрорельефом.

В пере лопатки зона хрупкого разрушения занимает область от торца выходной кромки в направлении к входной кромке на глубину примерно 800мкм и в длину до 1200мкм. Дальнейший рост трещины в направлении входной кромки проходил усталостным механизмом с образованием в изломе внутризеренных фасеток с веерообразными рубцами и бороздками вдоль фронта трещины (рисунок 1).

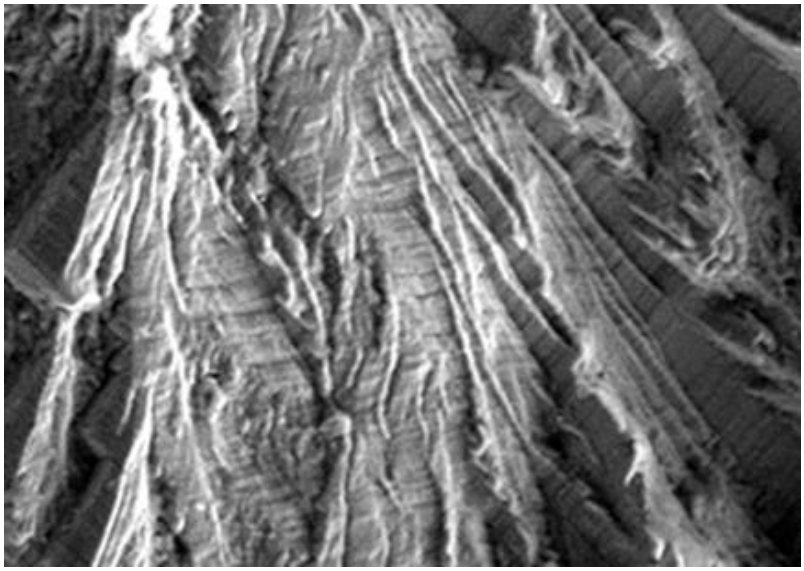


Рис. 1. Топография излома пера лопатки на стадии усталостного роста трещины. Усталостные бороздки, х1100.

В результате установлено, что основной причиной разрушения лопатки является образование и развитие усталостной трещины в направлении от выходной кромки пера к входной кромке.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Диагностика», № АААА-А18-118020690196-3).

1. Артамонов В.В., Артамонов В.П. Диагностика причин аварийного разрушения рабочих лопаток газовой турбины// Дефектоскопия. – 2013. - №9. С. 56-61.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПОДЛОЖЕК

Седухин В.В.[1], Аникеев А.Н.[1], Чуманов И.В.[1]

[1)] ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»

E-mail: wadik_zlat@mail.ru

HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR EVALUATING THE SURFACE ROUGHNESS OF SUBSTRATES

Sedukhin V.V.[1], Anikeev A.N.[1], Chumanov I.V.[1]

[1)] FSAEI HE "SUSU (NRU)"

The necessity of developing a software and hardware complex, which makes it possible to evaluate the surface roughness of ceramic substrates, is described. These substrates will be used in experiments to study the wettability of refractory carbides / oxides and iron-carbon melts.

Вопросы смачиваемости поверхности порошковых материалов являются актуальными при решении целого ряда технологических задач, в частности отделение минералов от пустых пород при обогащении угля, гидроподавление пыли, гранулирование, производство порохов и т.д. Глубина и полнота знаний о закономерностях динамического взаимодействия жидкокапельной частицы с твердой поверхностью существенно зависит от эффективности применяемого способа исследования. Наиболее перспективным направлением в данном случае является экспериментальное исследование [1-3], поскольку адекватное теоретическое описание данного явления требует достаточно точных данных по коэффициентам поверхностного натяжения на трехфазной границе раздела, которые существенно зависят от целого ряда неконтролируемых параметров. С целью решения данной цели на базе лабораторий филиала ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте была сконструирована установка для исследования смачиваемости материалов, позволяющая производить нагрев исследуемых образцов до температуры 1700 ºС с созданием защитной атмосферы (аргон, вакуум). Нагрев происходит за счет молибденового нагревателя Т-образного типа, в полость которого одновременно помещаются подложка из тугоплавких частиц карбидов/оксидов/нитридов с установленным на нее реакционным металлом. В камере создается защитная атмосфера (аргон или вакуум). Камера представляет собой водоохлаждаемый цилиндр с верхней стенкой (стакан). Внутри камеры по радиусу, на уровне установки подложки, расположено кольцо, на которое возможно установить до 10 подложек. По проведению первого эксперимента, с помощью толкателя подложка с металлом на ней убирается из области нагревателя на противоположную сторону кольца. После этого, с помощью манипулятора, кольцо с расхоложенными на нем еще не использованными в экспериментах подложками, поворачи-

вается на необходимый угол. Однако, результаты, получаемых в процессе предлагаемых экспериментов, в большой степени зависят от характеристик используемых подложек (качество поверхности, шероховатость). Для этого был создан программно-аппаратный комплекс, позволяющий оценивать шероховатость поверхности исследуемых образцов. Комплекс служит альтернативой существующим профилометрическим методам (занимают много времени и требуют непосредственного контакта исследуемой поверхности с иглой профилометра) и существующим приборам, в которых реализован бесконтактный оптический метод. Программно-аппаратный комплекс основан на построении спекл-картины "gray-level co-occurrence matrix" – матрицы, основанной на статистике второго порядка и имеющей дело с пространственными отношениями между парами значений уровней серого пикселей в текстуре изображения. Созданный программно-аппаратный комплекс имеет возможность проводить исследования шероховатости с точностью существующих оптических методов (от 0,01 мкм до 100 мкм), при этом стоимость готового комплекса ниже существующих аналогов.

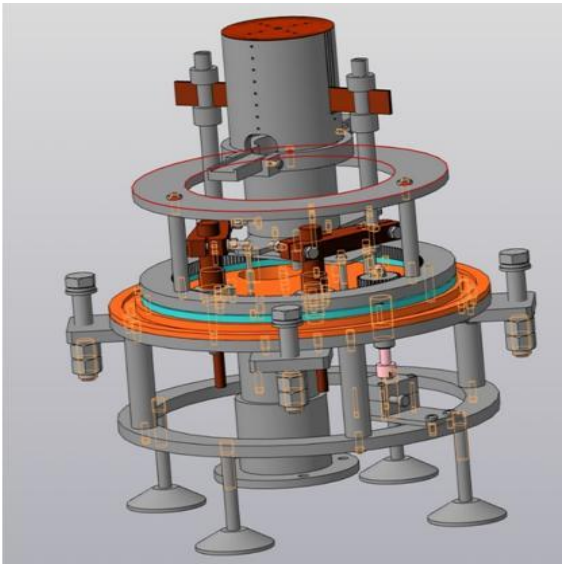


Рис. 1. Объемная модель механической части нагревательной камеры

1. Kiviö, M. Interfacial Phenomena in Fe/Stainless Steel–TiC Systems and the Effect of Mo / M. Kiviö, L. Holappa, T. Yoshikawa et. al. / High Temperature Materials and Processes. – 2014. – Vol. 33(6). – P. 571–584.
2. Xi, L. Wetting, reactivity, and phase formation at interfaces between Ni-Al melts and TiB2 ultrahigh-temperature ceramic / L. Xi, I. Kaban, R. Nowak et. al. / Journal of the American Ceramic Society. – 2017. – Vol. 101. – P. 911–918.
3. Kiviö, M. Interfacial Phenomena in Fe-TiC Systems and the Effect of Cr and Ni / M. Kiviö, L. Holappa, T. Yoshikawa et. al. / High Temperature Materials and Processes. – 2012. – Vol. 31(4-5). – P. 645–656.

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ МАГНИЕВОГО СПЛАВА МЛ12, УПРОЧНЕННОГО НАНОЧАСТИЦАМИ AlN

Селиховкин М.А.[1], Валихов В.Д.[1], Ахмадиева А.А.[1], Ворожцов А.Б.[1]

[1)] Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

E-mail: mishselikh@gmail.com

STRUCTURE AND MECHANICAL BEHAVIOUR OF ML12 MAGNESIUM ALLOY HARDENED BY AlN NANOPARTICLES

Selikhovkin M.A.[1], Valikhov V.D.[1], Ahmadiyeva A.A.[1], Vorozhcov A.B.[1]

[1)] The National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Magnesium alloys containing various concentrations of nanosized AlN particles have been obtained. Hardness measurements, tensile tests at room temperature were carried out, and the nature of fracture of the investigated alloys was interpreted.

Снижение общего веса конструкций, с сохранением эксплуатационных свойств, является важной и актуальной задачей для транспортной и аэрокосмической промышленности [1, 2]. Метод дисперсного упрочнения тугоплавкими частицами позволяет повысить механический характеристики матриц легких сплавов [3]. Магниевые сплавы являются выгодным матричным материалом, за счёт высоких удельных показателей жесткости, прочности и износостойкости наряду с низкими показателями плотности [4]. Цель данной работы – исследование влияния концентрации наночастиц AlN на структуру и механические характеристики магниевого сплава МЛ12.

Исследуемые сплавы МЛ12 были получены методом литья в стальной кокиль при температуре 690 °C с концентрацией наночастиц 0.1/0.3/0.5/1/1.5 мас. % AlN. Расплав магния находился в инертной атмосфере аргона; наночастицы вводились в составе лигатуры, полученной методом ударно-волнового компактирования [5]; распределение частиц по объёму расплава обеспечивалось механическим смесителем.

Твердость определялась на твердомере Duramin-500 A75 с нагрузкой 250 кг на сферический индентор диаметром 5 мм с выдержкой в 30 секунд. Изображения микроструктуры исследуемых сплавов были получены с помощью металлографического микроскопа Olympus GX-71, по которым был посчитан средний размер зерна методом случайных секущих. Испытания на растяжение плоских образцов были проведены на испытательной машине Instron 40/50-20 при скоростях деформации 0.001–0.1 $с^{-1}$. Для полученных сплавов была определена чувствительность к изменению скорости деформации SRS по результатам растяжения.

Согласно расчётам среднего размера зерна, наблюдается уменьшение зеренной структуры при увеличении концентрации нитрида алюминия с 490 для исходного сплава до 310 мкм для МЛ12 + 1 мас. % AlN. Из результатов измерения твёрдости не отмечено влияние наночастиц на показатели твёрдости магниевого сплава МЛ12. По результатам растяжения выявлено при увеличении концентрации наночастиц AlN до 1 мас. % в сплаве МЛ12 снижение условного предела текучести с 79 до 57 МПа, увеличение предела прочности со 134 до 158 МПа и значения максимальных деформаций с 4.2 до 11.4 %. при скорости деформации 0.001 $с^{-1}$.

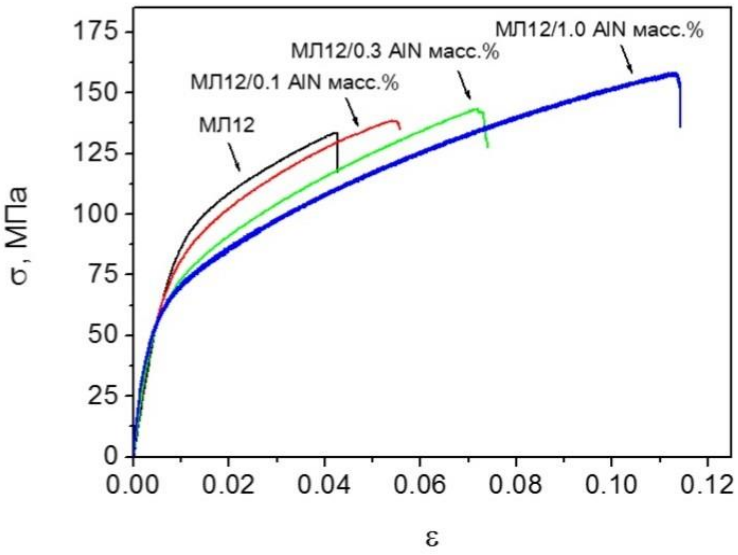


Рис. 1. Типичные диаграммы растяжения сплавов при скорости деформации 0.001 s^{-1}

Значение SRS увеличивается при большей чувствительности к характеру нагружения. Максимальное значение SRS равное 0.0311 у исходного сплава МЛ12 без частиц. У упрочненных сплавов этот параметр ниже и варьируется от 0.150 до 0.065. Изменения SRS объясняют механизмами, связанными с границей зерна, такого как скольжение или сдвиг границ зерна и адаптация атомов в границах зерна, что сопровождается диффузией и релаксацией атомов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-13-01252)

1. Платов В. В., Кахидзе Н. И., Жуков И. А., Сборник научных трудов "Перспективы развития фундаментальной науки", С.146–148, (2020).
2. Данилов П. А., Хрусталёв А. П., Ворожцов А. Б., и др., Вестник ТГУ. Математика и механика., № 55, С. 84–98, (2018)
3. Хмелева М.Г., Даммер В.Х., Тохметова А.Б., Миньков Л.Л., Вестник ТГУ. Математика и механика., №46, С. 76–85, (2017)

4. Katsarou L., Mounib M., Lefebvre W., Vorozhtsov S., Pavese M., Badini C., Molina-Aldareguia J.M., Cepeda Jimenez C., Pérez Prado M. T., Dieringa H., Mathematics and science,№659 p. 84–92, (2016)
5. Ворожцов С.А., Кудряшова О.Б., Лернер М.И., Ворожцов А.Б., Хрусталёв А.П, Первиков А.В., Физика. – Томск №7, (С. 147-152, 2017)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СИЛИКОНОВОГО КОМПОЗИТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ГИБРИДНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ

Семенуха О.В.[1], Шалыгина Т.А.[1], Воронина С.Ю.[1]

[1)] Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Россия

E-mail: semenukha.cool@mail.ru

STUDY OF THE VOLUMETRIC ELECTRICAL RESISTANCE OF ORGANOSILICON POLYMER COMPOSITES MODIFIED WITH HYBRID FILLER

Semenukha O.V.[1], Shalygina T.A.[1], Voronina S.Y.[1]

[1)] Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

The study of the effect volumetric electrical resistance of organosilicon polymer composites has been carried out.

Для обеспечения необходимого комплекса свойств (высокой электропроводности и низкой вязкости) композиционным материалам применяют волокнистые и дисперсные углеродсодержащие наполнители: технический углерод, углеродные нанотрубки (УНТ) и др. При этом на характер их распределения оказывает влияние тип и молекулярные характеристики эластомерной матрицы, морфология и свойства углеродных наполнителей, а также режим их совмещения.

В работе исследовано влияние одно- и многостенных УНТ на электропроводящие свойства кремнеорганических композитов.

В качестве полимерной основы был использован кремнеорганический полимер Elastosil RT 604A. Увеличение электропроводящих свойств композиций достигалось применением одностенных УНТ TUBALL (OCSiAl, г. Новосибирск), «многостенных УНТ АМГ038 (80% графена, 20% углеродных нанотрубок) (ООО «НаноТехЦентр», г. Тамбов) [2] и концентрата на основе одностенных УНТ TUBALL MATRIX 601 (OCSiAl, г. Новосибирск).

Смешение компонентов осуществлялось механическим способом (с использованием верхнеприводной мешалки редукторной US-2000A), при помощи ультразвукового диспергатора И100-6/840 (ООО «Инлаб-Ультразвук») и комбинированным способом.

Изменяя количество углеродсодержащих добавок и способов совмещения компонентов возможно получение полимерных композиций с удельным объёмным электросопротивлением от 10 до 106 Ом×см.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России на выполнение коллективом научной лаборатории «Интеллектуальные материалы и структуры» проекта «Разработка многофункциональных интеллектуальных материалов и структур на основе модифицированных полимерных композиционных материалов способных функционировать в экстремальных условиях» (Номер темы FEFE-2020-0015). Автор выражает благодарность Красноярскому краевому фонду поддержки научной и научно-технической деятельности за поддержку в представлении данной работы на VIII Международной молодежной научной конференции Физика. Технологии. Инновации ФТИ-2021"

1. Патент РФ 2693755. Способ получения графенового материала. Ткачев А.Г., Мележик А.В., Меметов Н.Р. Опубликовано 04.07.2019. Бюл. № 19.

SIMULATION OF THE LIQUID METAL FLOW AT THE END OF A ROTATING CONSUMABLE ELECTRODE IN THE ESR PROCESS

Sergeev D.V.[1], Chumanov I.V.[1], Chumanov V.I.[1]

[1)] Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “South Ural State University (national research university)” FSAEIHE SUSU (NRU), Chelyabinsk, Russia

E-mail: dazlatoust@inbox.ru

The article presents the process and results of cold modeling of the electroslag remelting process with the technology of the consumable electrode rotation. Optimal rotation speeds for electrodes with different diameters are found

Existing mathematical and computer models of the ESP process using the technology of the consumable electrode rotation have a number of assumptions related to the complex three-dimensional nature of the metal flow at the remelted electrode (1-3). This factor hinders the accurate technology development for industrial implementation.

Thus, the most optimal method for studying such phenomena is physical modeling, which makes it relatively simple and clear to study phenomena that depend on a large number of factors.

The data obtained during the experiments on the model on the radius change of the electrode drop allow us to say that with an increase in the rotation frequency of the consumable electrode, the drops’ radius first decreases, and then increases. In our opinion, the decrease in the drop radius is due to the shape transition of the consumable electrode end face from a conical to a flat one, which causes a decrease in the area of the consumable electrode surface to be melted. In addition, the rapid separation of droplets is influenced by the centrifugal force that occurs during the electrode rotation.

The effect of the frequency of electrode metal droplets separation from the end of the remelted electrode on the process performance can be represented depending on the electrode rotation speed

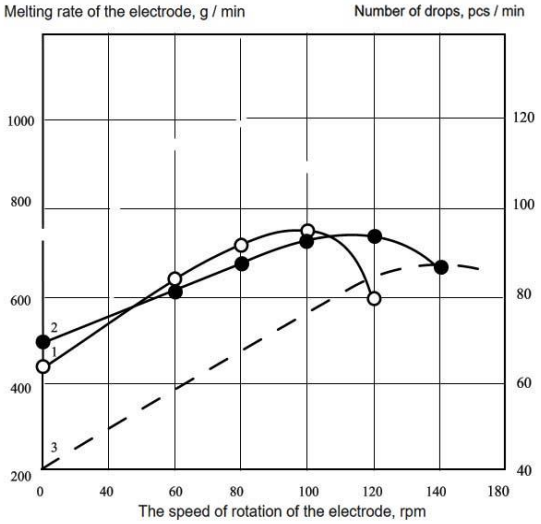


Fig. 1. Change in the frequency of separation of electrode metal droplets

During the experiments on the model installation, it was noted that with an increase in the consumable electrode rotation speed, an increase in the drops number of electrode metal detached from the end of the electrode per unit of time is observed. At the same time, the process productivity increases by about 1.5...2.0 times. However, when certain rotation speed of the consumable electrode is reached, the number of electrode metal drops have come off from the end of the electrode per unit of time decreases.

1. C. Schubert, A. Rückert, H. Pfeifer. Numerical simulation approach for modelling the ESR process with a rotating electrode, Proceedings of the Liquid Metal Processing & Casting Conference 2017, Pages 217-224.
2. A.H. Dilawari, J. SZEKELY. A mathematical model of slag and metal flow in the ESR Process, Metallurgical Transactions B, 8, 227-236.
3. Y. DONG, W. DONG. Comprehensive Mathematical Model for Simulating Electroslag Remelting. Metallurgical and Materials Transactions B, 47, 1475-1488.

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В ДВОЙНЫХ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ МАНГАНИТАХ СОСТАВА $LnBaMn_2O_{6-\Delta}$ (Ln = Nd, Sm)

Шаламова А.М.[1], Сунцов А.Ю.[1]

[1)] Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: kam1995@ya.ru

SYNTHESIS FEATURES AND DETERMINATION OF OXYGEN CONTENT IN DOUBLE PEROVSKITE-LIKE MANGANITES OF COMPOSITION $LnBaMn_2O_{6-\Delta}$ (LN = Nd, Sm)

Shalamova A.M.[1], Suntsov A.Yu.[1]

[1)] Institute of Solid State Chemistry, Yekaterinburg, Russia

The complex oxides were synthesized by precursor combustion in 3 steps. The oxygen content and the value of the oxygen capacity were determined by a conjunction of teragravimetry with coulometric and iodometric titration methods. The ordered manganites were found to possess highest oxygen capacity.

Нестехиометрические перовскитоподобные манганиты состава $LnBaMn_2O_{6-\delta}$, обладающие высокой фазовой и структурной стабильностью, имеют широкие перспективы практического применения. В частности, способность оксидов к обратимому обмену кислородом с газовой фазой является важным свойством кислород-аккумулирующих материалов, используемых в процессах безвоздушного сжигания углеводородов и газообразного топлива [1]. Суть данного процесса состоит в следующем: твердые оксидные частицы при поступлении в топливный реактор активно выделяют кислород в газовую фазу и обеспечивают процесс окисления углеродсодержащего топлива, достигая нижней границы области гомогенности по кислороду. На следующей стадии частицы оксида перемещаются в воздушный реактор для насыщения кислородом до установления равновесия его химического потенциала в воздухе и оксиде. Таким образом, CLOU-процесс является циклическим, а его эффективность в основном зависит от величины области гомогенности по кислороду, то есть кислородной емкости оксида.

$LnBaMn_2O_{6-\delta}$ (Ln = Nd, Sm) были синтезированы глицин-нитратным методом с последующим трехступенчатым отжигом. На первой стадии образцы выдерживают в кислородной среде при 1100 °C, получая структурно разупорядоченные манганиты, дальнейший отжиг в водороде при 950 °C создает благоприятные условия для кристаллизации упорядоченной перовскитной структуры манганитов. Заключительная стадия выдержки восстановленных оксидов при 400 °C в воздушной атмосфере обеспечивает насыщение оксидов кислородом с сохранением упорядоченной перовскитной структуры.

Полученные составы были аттестованы методом порошковой рентгеновской дифракции. Также были определены размеры частиц методом динамического светорассеяния с помощью лазерного анализатора Horiba LA 950V2, а также площади удельной поверхности в соответствии с методом БЭТ по изотермам адсорбции азота, полученных с помощью анализатора Gemini VII (Micromeritics).

Абсолютное содержание кислорода и средняя степень окисления Mn рассчитаны по результатам йодометрического титрования. Для исследования кислородной нестехиометрии в условиях вариации температуры и парциального давления кислорода использован метод кулонометрического титрования. Полученные данные сопоставлены с результатами термогравиметрического анализа и произведена оценка кислородной емкости $LnBaMn_2O_{6-\delta}$.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ №19-79-10147

1. V. S. Kudyakova, B. V. Politov, A. V. Chukin, A. A. Markov, A. Y.Suntsov, and V. L. Kozhevnikov. Materials Letters, 269, 127650 (2020)

$SrFe_{12}O_{19}$ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕСИ В ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ФЕРРИТАХ

Шамсутов И.В.[1], Меркулов О.В.[1], Патракеев М.В.[1]

[1)] Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: shamsutovivan@mail.ru

$SrFe_{12}O_{19}$ AS AN IMPURITY IN PEROVSKITE-TYPE FERRITES

Shamsutov I.V.[1], Merkulov O.V.[1], Patrakeev M.V.[1]

[1)] Institute of solid state chemistry, UB RAS, Ekaterinburg, Russia

A decrease of oxygen content in $SrFe_{12}O_{19}$ and its subsequent decomposition were studied by coulometric titration. The significant release of oxygen during stepwise decomposition can be considered as a specific characteristic of $SrFe_{12}O_{19}$.

Гексаферрит $SrFe_{12}O_{19}$ является объектом широкого ряда исследований благодаря уникальным магнитным свойствам [1,2]. Другая причина интереса к оксиду связана с постоянным детализированием фазовой диаграммы Sr–Fe–O и уточнением термохимических характеристик его компонентов [3]. Настоящая работа посвящена исследованию кислородной нестехиометрии $SrFe_{12}O_{19}$ в зависимости от парциального давления кислорода (pO_2) в газовой фазе и определению предела устойчивости оксида в восстановительных условиях. Особый интерес исследования связан с получением новых данных о влияние $SrFe_{12}O_{19}$, как возможной примеси в перовскитоподобных, ферритах при их изучении методом кулонометрического титрования.

Синтез оксида $SrFe_{12}O_{19}$ выполнен глицин-нитратным методом с использованием карбонильного железа и карбоната стронция $SrCO_3$ в качестве исходных реактивов. Заключительная термообработка на воздухе проводилась при 1200 °C в течение 10 часов. Восстановительное разложение $SrFe_{12}O_{19}$ реализовывалось методом кулонометрического титрования в температурном диапазоне 750–950 °C. Фазовый состав образцов анализировался методом порошковой рентгеновской дифракции.

Согласно данным рентгеновской дифракции, синтезированный оксид является однофазными и имеет гексагональную кристаллическую структуру (пространственная группа P63/mmc). Результаты кулонометрического титрования, представленные на рисунке 1, свидетельствуют о способности оксида $SrFe_{12}O_{19}$ обладать определенной кислородной нестехиометрией. Удаление кислорода из электрохимической ячейки приводит к понижению значения pO_2, сопровождающееся изменением содержания кислорода в оксиде до ~18.5. Однако при дальнейшем удалении кислорода, снижение содержания кислорода в образце происходит при постоянном pO_2. Такое поведение указывает на фазовое разложение $SrFe_{12}O_{19}$, которое подтверждается рентгеновской дифракцией образца, подвергнутого восстановительной обработке при 950 °C и $pO_2 \sim 10^{-10}$ атм. Ступенчатый характер изотерм свидетельствует о нескольких стадиях фазового разложения до следующих соединений: I) $Sr_4Fe_6O_{13}$+Fe_3O_4; II,III) Fe_{1-x} O+(Sr-содержащая фаза); IV) Fe+(Sr-содержащая фаза).

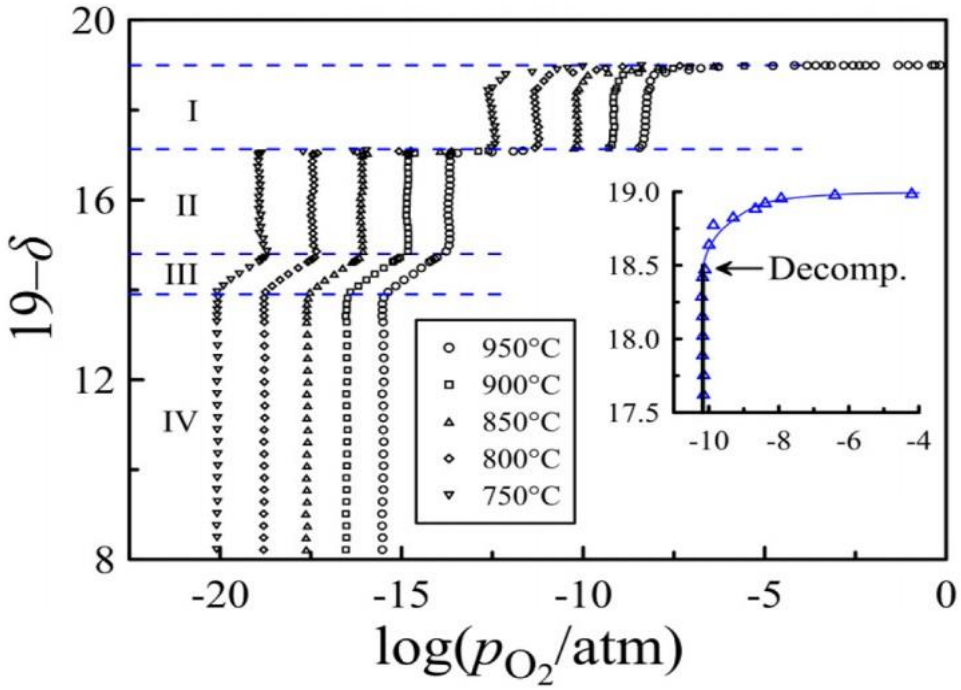


Рис. 1. Содержание кислорода в $SrFe_{12}O_{19}$ при различных температурах в зависимости от парциального давления кислорода.

Наблюдаемые на рисунке 1 ступени соответствуют спадам при тех же значениях pO_2, проявляющихся на изотермах содержания кислорода перовскитоподобных ферритах, полученных при помощи метода кулонометрического титрования, что может быть связано с $SrFe_{12}O_{19}$ в качестве примеси. До сих пор экспериментальные данные по содержанию кислорода в ферритах, включающих дефекты, не могли быть использованы для соответствующего термодинамического анализа, так как происхождение дефектов было неизвестно. Несмотря на ряд вопросов, требующих ответа, это исследование проливает свет на природу наблюдаемых дефектов и открывает путь к получению плодотворной информации из некачественных данных.

Работа выполнена по теме № АААА-А19-119031890026-6 ИХТТ УрО РАН.

1. S. Garehbaghi, A. Kianvash, Effect of various parameters on the microstructure and magnetic properties of sintered Sr-hexaferrite, Results Phys. 12, 1559–1568 (2019).
2. M. Fathi, M. Mehdipour, H. Shokrollahi, Microwave absorption properties of nanostructure composite particles based on SrFe12O19, J. Aust. Ceram. Soc. 56, 251–256 (2020).
3. S.K. Rakshit, S.C. Parida, S. Dash, Z. Singh, B.K. Sen, V. Venugopal, Thermodynamic studies on SrFe12O19(s), SrFe2O4(s), Sr2Fe2O5(s) and Sr3Fe2O6(s), J. Solid State Chem. 180, 523–532 (2007).

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИЛАКТИДА С АЭРОСИЛОМ

Шарипова Г.Ф.[1], Камалова Р.И.[1], Загидуллина И.А.[1], Галиханов М.Ф.[1]

[1)] ФГБОУ ВО "Казанский национальный исследовательский технологический университет"

E-mail: magistr-ftpspk@yandex.ru

THE STUDY OF THE ELECTRET PROPERTIES OF POLYLACTIC ACID WITH AEROSIL

Sharipova G.F.[1], Kamalova R.I.[1], Zagidullina I.A.[1], Galikhanov M.F.[1]

[1)] Kazan National Research Technological University

In this work, the electret properties of polymer composite materials based on polylactic acid and aerosol are investigated. It was found that the introduction of aerosil increases the electret properties of polylactic acid.

Использование композиционных материалов на основе полимеров с дисперсными наполнителями для изготовления электретных материалов имеет большое практическое значение, поскольку позволяет существенно расширить комплекс их свойств.

Целью данной работы явилось исследование композиций на основе полилактида (ПЛА) с аэросилом А-175.

Анализ физико-механических свойств композиций показал, что с увеличением процентного содержания аэросила их относительное удлинение уменьшается. Введение твердых частиц в полимеры снижает способность полимеров к изменению конформации макромолекул и к перемещению относительно друг друга. В результате этого повышается их сопротивляемость деформированию и снижается величина предельной деформации.

Полилактид проявляет неудовлетворительные электретные свойства: низкое значение начального потенциала поверхности и быструю релаксацию заряда.

В ходе изучения электретных свойств композиций выявилась закономерность: повышение содержания аэросила в композиционном материале сначала увеличивает, а затем снижает значения электретных характеристик ПЛА (рис.1), что абсолютно согласуется с ранее проведенными исследованиями [1-3].

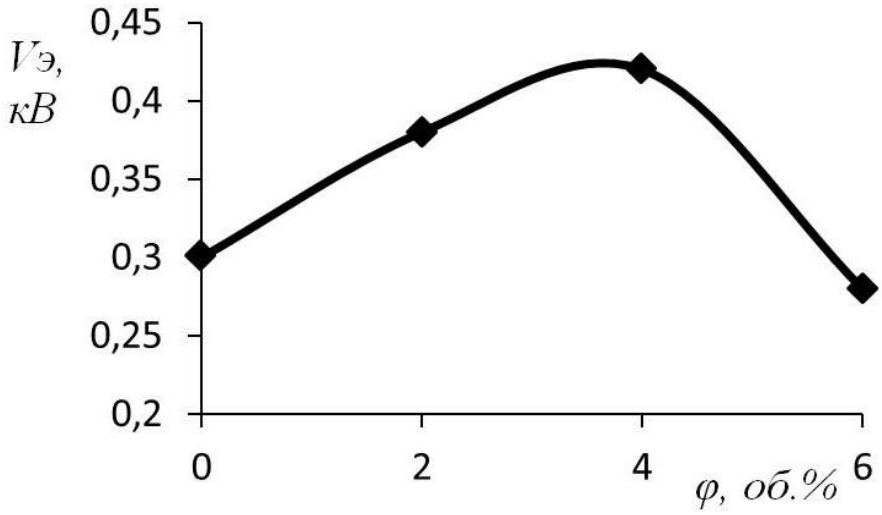


Рис. 1. Зависимость потенциала поверхности Vэ короноэлектретов на основе ПЛА от содержания аэросила на 60-е сутки хранения

Повышение электретных свойств ПЛА связано с образованием новых ловушек для инжектированного заряда, находящиеся в основном на границе раздела фаз «полимер-наполнитель». Снижение электретных характеристик с увеличением количества наполнителя 6% может быть вызвано повышением электропроводности композиций за счёт содержания на поверхности наполнителя большого количества полярных групп.

Таким образом, аэросил способствует повышению стабильности потенциала поверхности композиций на основе полилактида.

1. F. Galikhanov and A.A. Guzhova, Bulg. Chem. Commun. 46, Iss. B, 142-145 (2014).
2. Гужова А.А. и др. Изучение электретных свойств короноэлектретов на основе полилактида, Вестник Казанского технологического университета, (2012) 5, 10, 123-130.
3. I. A. Zagidullina, M. F. Galikhanov, R. I. Kamalova, G. F. Sharipova and R. Z. Khairullin. AIP Conf.Proc. 2313, 050048 (2020).

ОЦЕНКА ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ СТЕКОЛ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОКСИДА ГОЛЬМИЯ ОТ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Ширманов И. А.[1], Стругов Е. Д.[1], Аладаилах М. В.[1], Ташлыков О. Л.[1], Абиалсаид М. И.[2], Аскин А.[3]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Университет Истра, г. Амман, Иордания
[3)] Университет Мунзур, г. Тунсели, Турция
E-mail: topzar76123@gmail.com

ASSESSMENT OF PROTECTIVE PROPERTIES OF GLASSES WITH THE USE OF GOLMIUM OXIDE AGAINST GAMMA RADIATION

Shirmanon I. A.[1], Strugov E. D.[1], Aladailah M. W.[1], Tashlikov O. L.[1], Abualsayed M. I.[2], Askin A.[3]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Isra University, Amman, Jordan
[3)] Munzur University, Tunceli, Turkey

Presents the results of calculating the protective properties of glass from gamma radiation using holmium oxide in its composition for the energy range 0,122-1,408 MeV.

В последние десятилетия значительно возросло использование ядерных материалов в различных областях, включая фундаментальную науку, медицину и промышленность. В настоящее время, широкое развитие получила ядерная медицина (лучевая терапия и методы радиационной визуализации). Хотя излучение от радиоактивных материалов является полезным в некоторых сферах его применения, но оно, тем не менее, несет в себе биологические и экологические опасные риски. Защита персонала, находящихся поблизости людей, оборудования и окружающей среды имеет важное значение для снижения риска поражения радиацией. Исходя из этого требуются эффективные экранирующие материалы для защиты от ионизирующего излучения. Большое внимание уделяются стеклам, которые могут быть использованы в качестве защитных материалов от ионизирующего излучения [1].

В соответствии с основными принципами радиационной безопасности оптимизации радиационной защиты должно уделяться пристальное внимание. При этом оптимизации подлежат многие как организационные, так и технические мероприятия [2].

Стекла, благодаря своему составу и свойствам, являются перспективными защитными материалами, обладающими хорошей радиационной стойкостью. Некоторые физические свойства стекол могут быть улучшены с помощью добавления в их состав некоторых химических элементов.

В представленной работе выполнена оценка защитных свойств стекла с применением оксида гольмия (Ho_2O_3) в их составе от гамма-излучения с помощью

использования программного кода Geant 4 и цифровой базы данных NIST XCOM для диапазона энергий 0,122-1,408 МэВ [3].

Расчет необходимых поглощающих свойств радиационной защиты был выполнен при помощи высокопрецизионных расчетных кодов, использующих метод Монте-Карло. Рассматривались разные массовые процентные содержания оксида гольмия в составе стекла

1. I. M. Russkikh, E. N. Seleznev, O. L. Tashlykov, S. E. Shcheklein, Physics of Atomic Nuclei, 1451-1456 (2015).
2. A. F. Mikhailova and O. L. Tashlykov, Nuclear physics and engineering, 4, 393-401 (2018).
3. NIST XCOM. National Institute of Standards and Technology Database. URL: https://physics.nist.gov/PhysRefData/Xcom/html/xcom1.html (date of the application: 10.11.2020).

HIGH-TEMPERATURE REDOX BEHAVIOUR OF DOUBLE PEROVSKITE Ba_2CuWO_6

Shishkin R.A.[1], Suntsov A.Yu.[1]

[1)] Institute of Solid State Chemistry Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia

E-mail: shishkin@ihim.uran.ru

The rock-salt ordered double perovskite Ba_2CuWO_6 phase was synthesized and unit cell parameters were calculated by the Rietveld method in the frameworks of tetragonal structure with I4/mmm space group. The equilibrium oxygen content was measured by TG in the air and the reducing atmosphere.

The green energy part in total heat power production is estimated to be increased annually until 2040 [1]. Therefore the materials design for ecological friendly power generation technologies such as chemical looping with oxygen uncoupling (CLOU) is in great demand nowadays. Oxygen carriers (OCs) for the CLOU process should be able for fast oxygen exchange with the environment both in oxidizing and reducing conditions. This peculiarity can be effectively utilized for air-free fuel combustion. Cu-based complex oxides are considered as the perspective OCs [2, 3].

The high-temperature redox behavior of rock-salt ordered double perovskite Ba_2CuWO_6 has not been well researched yet for application in CLOU processes.

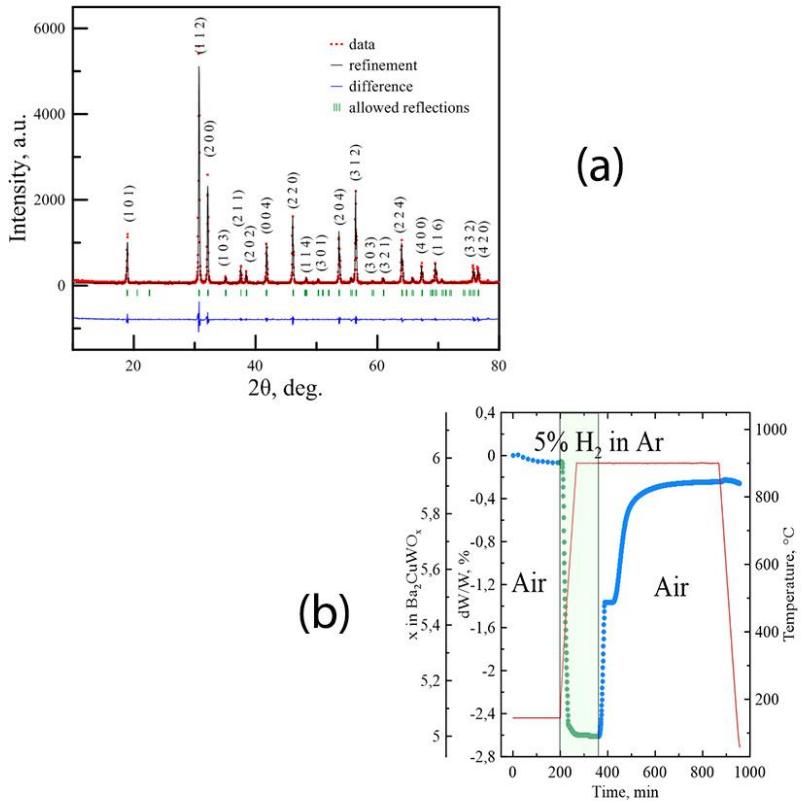


Fig. 1. The XRD pattern of Ba2CuWO6 (a), isothermal dependence on mass change at the variable atmosphere (b)

The oxide was synthesized by a conventional solid-state route. Barium carbonate, copper oxide, and tungsten oxide were weighted in required ratios and well-mixed in ethanol media. After thorough grinding, the composition was fired at 870 °C for 12 hours in a corundum crucible. Then the raw material was ground, pelletized, and calcined at 900 °C for 24 hours. A formation of the single-phase Ba2CuWO6 was confirmed by the X-ray powder diffraction (XRD) technique. Rietveld analysis of the experimental XRD pattern was utilized to refine the structural parameters (fig. 1a).

Oxygen content was studied by thermogravimetric analysis in the air and 5% H_2 ÷ 95% Ar mixture (fig. 1b). The value of oxygen loss of about 2,62 % at 900 °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. R.A. Shishkin, A. Yu. Suntsov, AIP Conf. Proc., 2313 (2020) 060024.
3. B.V. Politov, R.A. Shishkin, A.A. Markov, I.R. Shein, A. Yu. Suntsov, Solid State Sci., 110 (2020) 106480.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ПРОДОЛЬНОГО СВАРНОГО ШВА ТРУБЫ

Шлеенков А.С.[1], Новгородов Д.В.[1], Коновальчук В.О.[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, Россия, г. Екатеринбург
E-mail: Danil_@inbox.ru

STUDY OF DEFECTS OF LONGITUDINAL WELDED PIPE

Shleenkov A.S.[1], Novgorodov D. V.[1], Konovalchuk V.O.[2]

[1)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Yekaterinburg, Russia.
[2)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia.

A study of the defects of the longitudinal weld seam revealed by X-ray inspection was carried out. These defects were not detected by magnetic inspection. Erroneous identification of defects during X-ray inspection. Compliance of base metal and weld seam with regulatory documents.

Исследование выявленных при рентгеновском контроле дефектов продольного сварного шва труб было выполнено с целью определения возможных причин их возникновения. Загрязненность неметаллическими включениями в ликвационных полосах листа, выходящих на кромку и попадающую в зону сплавления, была выявлена на рентгенограммах и не корректно интерпретирована, как дефект. Ошибочная идентификация дефектов при рентгеновском контроле возникает при производстве труб как малого, так и большого диаметров. Верная интерпретация полученных результатов необходима для оценки размеров и принятия решения об отбраковке.[1]

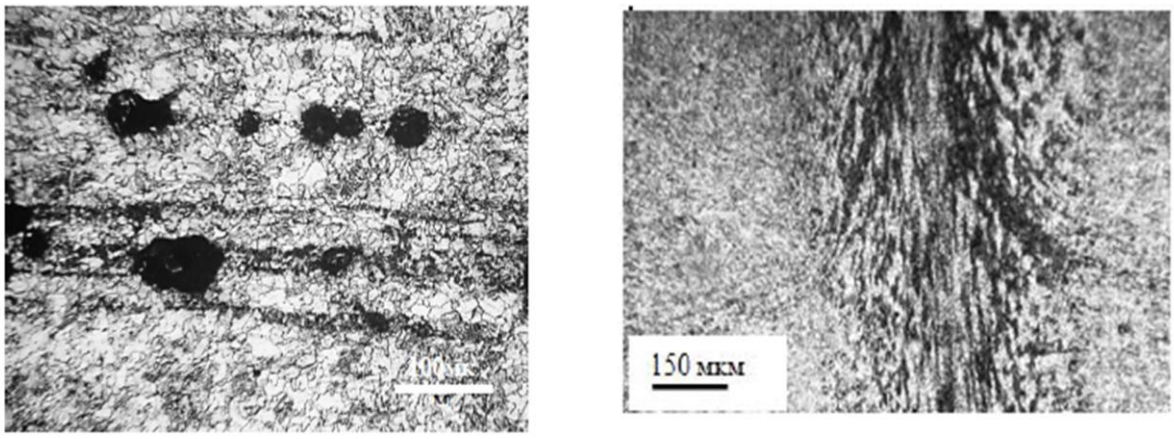
Объектом исследования являлись образцы прямошовных электросварных труб Ø 159х6,0 из стали марки 20, в которых при рентгенографическом контроле предположительно были обнаружены непровары и трещины в сварном шве, при этом сварные соединения выдержали механические испытания на прочность. Кроме этого указанные дефекты не были обнаружены при магнитной дефектоскопии данных труб с помощью установки УМД-101М, в технологической линии производства прямошовных электросварных труб.

Целью работы являлось проведение металлографического исследования сварного шва, основного металла, химического анализа и определение размеров обнаруженных дефектов на образцах труб. Также было необходимо подтвердить достоверность результатов магнитного неразрушающего контроля и доказать его эффективность.

В процессе работы исследовались внешнее состояние поверхностей, макро- и микроструктурное состояние сварных соединений и основного металла предоставленных образцов труб. Проведен химический анализ материала и косвенная по показаниям величин микротвердости сравнительная оценка уровня прочности металла сварных швов и основного металла исследуемых образцов.

При визуальном и с помощью стереоскопического микроскопа «Цитоваль» обследовании внешней поверхности зон сварных соединений, каких-либо недопустимых дефектов не выявлено. На внутренней поверхности по всей длине катушек в зоне сварных соединений следы механической зачистки поверхности - следы зачистки после проведенной рентгеноскопии внутреннего грата, ориентированные перпендикулярно сварному шву. При этом вдоль границ снятого грата видны протяженные «канавки», глубина которых переменна.

На рисунке 1 приведен результат металлографического анализа структурного состояния сварных соединений и основного металла.



а б

Рис. 1. Микроструктура основного металла (а) и сварного соединения (б) исследуемых образцов.

Проведенные испытания материала представленных образцов на микротвердость не выявили различий в состоянии их прочностных свойств.

В результате проведенных исследований установлено: отсутствие недопустимых дефектов в сварном соединении трубы; соответствие материала требованиям стандартов; предполагаемые дефекты обнаруженные при рентгенографическом контроле являются наплывами внутреннего грата под стенкой труб; магнитный контроль с применением установки УМД-101М является достоверным и эффективным.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Диагностика», № АААА-А18-118020690196-3).

1. Круглова Г.В., Князюк Л.В. Определение размеров дефектов сварных соединений по сканированным рентгеновским снимкам // Дефектоскопия. 2004. №1. С. 74-75

МЕХАНОСИНТЕЗ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ГРАФИТА И ОКСИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Скрыльник М.Ю.[1, 2], Печищева Н.В.[1], Эстемирова С.Х.[1, 2]

[1)] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Института металлургии Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: mariyaskrylnik@mail.ru

MECHANOSYNTHESIS OF NANOCOMPOSITES BASED ON GRAPHITE AND TRANSITIONAL METAL OXIDES AND THEIR ELECTROCHEMICAL CHARACTERISTICS

Skrylnik M.Yu.[1, 2], Pechishcheva N.V.[1], Estemirova S.Kh.[1, 2]

[1)] Institute of Metallurgy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

The C/Me_xO_y nanocomposites (C-graphite; Me = Fe, Cu, Co, Mn) were obtained by the method of joint mechanical activation; all oxides are partially reduced during grinding; the electric capacity decreases in the series Mn, Co, Cu, Fe; the highest capacity (45 F/g) is possessed by the C/MnO_2 composite.

Композиционные материалы на основе углеродной матрицы (УМ) находят широкое применение во многих сферах, в том числе в качестве экологически чистых накопителей энергии – электрохимических суперконденсаторов [1]. Композиты на основе УМ и оксидов переходных металлов (ПМ) относятся к гибридным конденсаторам, в которых электрическая емкость суммируется от двойного электрического слоя и фарадеевских процессов [2]. Композиты представляют собой наноструктуру, содержащую частицы металла, стабилизированные в УМ и ассоциированы с ней. Для их получения поверхность инертного углерода требует активации и функционализации. Одним из простых, но надежных способов получения таких композитов является совместная механоактивация (МА) УМ с оксидами ПМ [3].

В данной работе были получены нанокомпозиты C/Me_xO_y методом МА графита с оксидами ПМ, установлен фазовый состав, выявлены закономерности

влияния типа ПМ на электрохимические параметры. Исходные оксиды Fe_2O_3, Co_3O_4, CuO, Mn_2O_3, MnO_2 и графит, переведенные в наноразмерное состояние, были подвергнуты совместной МА в соотношении $C:Me_xO_y=1:2$, продолжительность размола-150 минут.

Рентгеновский анализ показал, что при совместной МА происходит частичное восстановление оксидов ПМ, вероятно, при непосредственном взаимодействии оксидов с графитом. Наиболее интенсивно (до 50 %) восстанавливается CuO до Cu_2O. Около 30% Co_3O_4 и Mn_2O_3 переходит в CoO и Mn_3O_4 соответственно. Почти 50 % оксида MnO_2 (Рис. 1а) частично восстанавливается до Mn_2O_3 и Mn_3O_4. Микроструктурное состояние графита изменяется неодинаково и зависит от типа оксида Me. В C/Fe_2O_3 и C/Co_3O_4 изначально полуаморфное состояние графита остается таковым в течение всего размола. Частично графитизированный углерод в C/CuO и C/Mn_2O_3 полностью переходит в рентгеноаморфное состояние. А в случае C/MnO_2 происходит процесс графитизации изначально аморфного углерода.

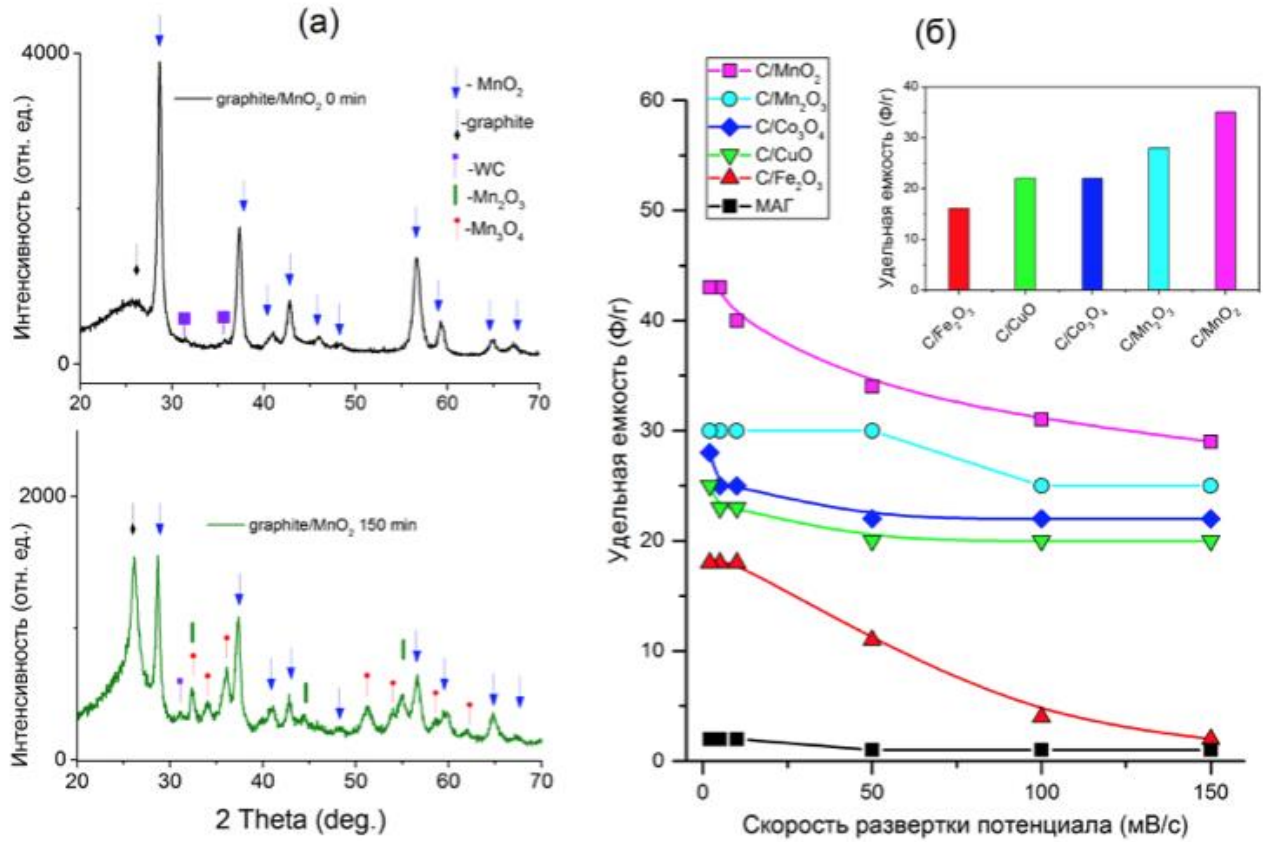


Рис. 1. Дифрактограммы исходного и МА композита C/MnO_2 (а); Зависимость удельной емкости от скорости развертки потенциала композитов (б); на вставке – гистограмма, показывающая удельную емкость композитов.

Электрохимические измерения показали, что с увеличением продолжительности МА электрическая емкость всех композитов возрастает и выходит на насыщение после 60 минут размола. Это свидетельствует о том, что ассоциация частиц оксидов ПМ с УМ наступает уже в первый час МА. Анализ формы циклических вольтамперограмм свидетельствует о том, что доминирующими являются фарадеевские процессы. Для всех нанокомпозитов удельная емкость постепенно уменьшается с увеличением скорости развертки потенциала (рис. 1б). Более заметное снижение емкости наблюдается для нанокомпозитов C/MnO_2 и C/Fe_2O_3. Для C/Co_3O_4 и C/CuO значения емкости слабо зависят от скорости развертки. Наибольшей емкостью обладают композиты на основе оксидов Mn (рис. 1б), что объясняется наименьшим значением электродного потенциала ОВ реакции Mn^{+2}/Mn. Предполагается исследовать влияние углеродной матрицы и соотношения компонентов композитов на электрическую емкость.

Работа выполнена по Государственному заданию ИМЕТ УрО РАН в рамках Программы фундаментальных исследований государственных академий по теме 0369-2019-0001.

1. X. Zhao, B.M. Sánchez, P.J. Dobson, P.S. Grant, Nanoscale 3, 839–855 (2011).
2. Савицкая Т.А., Котиков Д.А., Шичкова Т.А. Коллоидная химия: строение двойного электрического слоя, получение и устойчивость дисперсных систем: пособие для студентов химического факультета. Минск: Изд- во БГУ, 2011. 82 с.
3. Lili Zhang, Stephanie L. Candelaria, J. Pow. Sources, 215-223 (2013).

СИНТЕЗ, ТЕРМИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕРОВСКИТОВ НА ОСНОВЕ $CeAlO_3$

Смелов А.О.[1], Корона Д.В.[1], Анимица И.Е.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ИВТЭ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: alex_smelov@mail.ru

SYNTHESIS, THERMAL AND CONDUCTIVITY PROPERTIES OF PEROVSKITES BASED ON $CeAlO_3$

Smelov A.O.[1], Korona D.V.[1], Animitsa I.E.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of High Temperature Electrochemistry, Yekaterinburg, Russia

This article is devoted to the development of the synthesis method and investigation of properties of perovskite like compounds based on $CeAlO_3$. Structure, phase stability and conductivity have been investigated.

2020 год стал переломным в развитии водородной энергетики. Водород привлекает все большее внимание как перспективное средство декарбонизации экономики. Многие страны имеют свои программы по водородной энергетике, в России тоже растет интерес к развитию водородной энергетики: утверждена соответствующая «дорожная карта». В этой связи, разработки в области получение электрической энергии в установках на базе твердооксидных топливных элементов, работающих на водороде, являются чрезвычайно актуальными. Очевидно, что прогресс этих разработок будет определяться, в частности, эффективностью работы компонентов топливных элементов – электролита и электродов. Поэтому поиск и разработка новых высокоэффективных материалов активно развивается.

Перовскитоподобные оксиды являются классом соединений, обладающих уникальным набором физико-химических свойств. Одним из таких свойств перовскитоподобных оксидов является смешанная кислород-электронная проводимость, которая открывает возможности создания электродов для твердооксидных топливных элементов, сенсоров и мембран. В последнее время активно осуществляется поиск материалов с тройной проводимостью, то есть, кроме электронной проводимости, также осуществляется проводимость по двум ионам - протонам и ионам кислорода. Такие материалы перспективны для использования в твердооксидных топливных элементах в качестве электродов, которые будут характеризоваться высокими скоростями электрохимических реакций.

В настоящей работе проведена разработка методов синтеза и исследование проводимости материалов с тройной проводимостью на основе алюмината церия $CeAlO_3$ со структурой перовскита, допированного ионами Ca^{2+} и Mg^{2+}.

В качестве исходных веществ для синтеза были взяты $Ce_2(CO_3)_3 \cdot 5\,H_2O$, Al_2O_3, MgO и $CaCO_3$. Исходные навески, взятые в стехиометрических соотношениях,

были перетёрты в агатовой ступке в среде этилового спирта. Ступенчатый отжиг проводили в интервале температур 900−1400 °С в атмосфере аргона, в качестве восстановителя использовали активированный уголь. Отжиги проводили на таблетированных образцах. Рентгенофазный анализ проводили на всех стадиях синтеза. Образование перовскитной фазы на основе $CeAlO_3$ начинается при температурах выше 1000 °С. На рентгенограммах также присутствовали оксиды Ce_2O_3 и CeO_2. Конечный однофазный продукт – перовскитная фаза, образовывался при температурах 1400°С. Пример обработки рентгенограммы $CeAlO_3$ представлен на рисунке 1. Фаза кристаллизуются в тетрагональной симметрии с пр. гр. I4/mcm и параметрами решетки a =5.32370 Å, b=5.32370 Å, c=7.58329 Å, α=β=γ=90°.

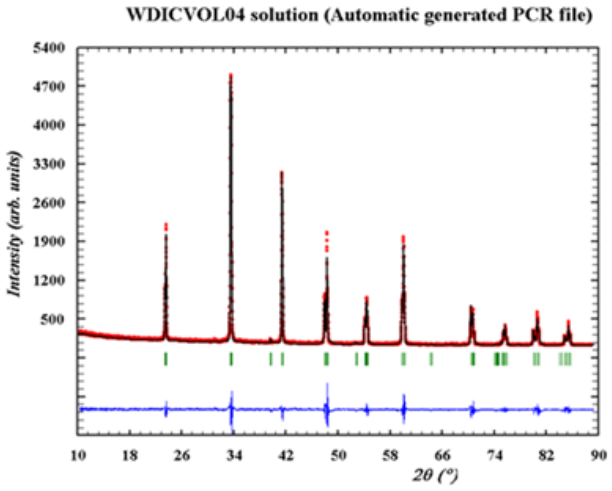


Рис. 1. Наблюдаемые, рассчитанные и разностные рентгеновские профили и угловые положения рефлексов для $CeAlO_3$

Проведены термогравиметрические исследования, которые показали, что фазы устойчивы в атмосфере Ar до 800 °С и на воздухе до 600 °С.

Электропроводность измеряли методом электрохимического импеданса в зависимости от температуры. Проведено сравнение данных для допированных образцов и $CeAlO_3$.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ С СОДЕРЖАНИЕМ АЗОТА

Шалимов М.П.[1], Березовский А.В.[1], Смоленцев А.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: A.S.Smolentsev@mail.ru

STUDY ON MECHANICAL PROPERTIES OF THE HIGH-STRENGTH STEEL JOINTS MADE BY FLUX-CORED WIRE WITH NITROGEN CONTENT

Shalimov M. P.[1], Berezovsky A.V.[1], Smolentsev A.S.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This article proposes a modern approach to the development of an electrode material based on TWIP-austenitic nitrogen steel for welding high-strength steels. The described flux-cored wire allows obtaining high mechanical properties of the welded joints, excluding pre-heating and subsequent heat treat

Высокопрочные среднелегированные стали находят широкое применение в различных отраслях промышленности. Обладая высокой прочностью, хорошей пластичностью, вязкостью, хладостойкостью, данные стали используются в автомобилестроении, судостроении, авиастроении, в производстве продукции военного назначения и др. Однако сварка таких сталей осложнена возможностью появления различных по природе и механизмам образования холодных и горячих трещин в сварных соединениях. Главной проблемой при сварке данных сталей является получение механических характеристик металла шва и зоны термического влияния сварного соединения равнопрочных или близких к основному металлу (0,7–0,9 σв(о.м.)) с сохранением высоких пластических характеристик без применения термической обработки [1].

Новым направлением в решении проблемы свариваемости высокопрочных сталей является использование порошковых проволок, разработанных на основе азотсодержащихся сталей (TWIP-аустенитные стали) [2]. Азот заметно повышает механические свойства аустенитных сталей за счет зернограничного упрочнение и упрочнения твердого раствора. Предел текучести и временное сопротивление у безникелевых легированных азотистых сталей существенно выше, чем у обычных сталей аустенитного класса [3].

При пластической деформации аустенитных сталей возможно образование мартенсита двух типов: α-мартенсит с ОЦК решеткой и ε-мартенсит с ГПУ решеткой. Никелевый аустенит имеет более высокую энергию дефекта упаковки (ЭДУ) кристаллической решетки, при деформации происходит превращение γ→α с образованием α-мартенсита. Марганцевый аустенит обладает низкой ЭДУ

кристаллической решетки, при пластической деформации фазовые превращения происходят по механизму γ→ε→α. ЭДУ ориентировочно определяют по формуле Шрама и Рида [4]:

SFE=-53+6,2Ni+0,7Cr+3,2Mn+9,3Mo, (1)

где SFE – показатель ЭДУ;

Ni, Cr, Mn, Mo – содержание легирующих элементов, мас. %.

Низкий показатель SFE<20 МДж/м^2 способствует фазовому превращению метастабильного аустенита в мартенситную фазу с образованием ε или α-мартенсита (TRIP-эффект) [4, 5]. При SFE=20-45 МДж/м^2 деформация приводит к образованию двойников аустенита (TWIP-эффект). При SFE≥45 МДж/м^2 процесс деформации происходит путем сдвига дислокаций [5].

Разработанный состав порошковой проволоки с системой легирования Fe-Cr-Mn-Ni-Mo-Cu-N с содержанием азота до 0,3 мас.% и технология сварки высокопрочных сталей без предварительного и сопутствующего подогрева и последующей термообработки позволяет получить в металле шва аустенитную структуру с повышенными механическими характеристиками. Азот, введенный в металл шва через порошковую проволоку, находится преимущественно в твердом растворе. За счет этого все механические характеристики металла шва повышаются. В структуре наплавленного металла образуется хромомарганцевый аустенит, обладающий способностью к деформационному упрочнению за счет процессов двойникования аустенита (TWIP-эффект).

1. Шалимов М. П. Разработка технологии и порошковой проволоки для дуговой сварки высокопрочных легированных сталей / М. П. Шалимов, А. В. Березовский, А. С. Смоленцев // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. – 2019. – Т. 21, № 1. – С. 49–54.
2. Mohammed R. Welding of nickel free high nitrogen stainless steel: Microstructure and mechanical properties / R. Mohammed, M. Reddy, K. Srinivasa Rao // Defence technology. – 2017. – Vol. 13, Iss. 2. – P. 59–71.
3. Uggowitzer Peter J. Nickel free high nitrogen austenitic steels / Peter J. Uggowitzer, Ruth Magdowski, Markus O. Speidel // ISIJ International. – 1996. – Vol. 36, No. 7. – P. 901–908.
4. Cabrilo A. Toughness Behaviour in Armour Steel Welds / A. Cabrilo [et. al.] // Technical Gazette. – 2018. – Vol. 25, Iss. 6. – P. 1699–1707.
5. Stacking fault energies in austenitic stainless steels / Jun Lu [et. al.] // Acta Materialia. – 2016. – Vol. 111. – P. 39–46.

СТРУКТУРА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ $Y_{1.2}Ba_{1.8}Fe_{3-X}Co_XO_{8+\Delta}$ (X=1.02, 1.05 И 1.08)

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

STRUCTURE AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF COMPLEX OXIDES $Y_{1.2}Ba_{1.8}Fe_{3-X}Co_XO_{8+\Delta}$ (X = 1.02, 1.05 AND 1.08)

Solomakhina E. E.[1], Bryuzgina A. V[1], Urusova A. S.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The purpose of the study is to determine the structure, oxygen nonstoichiometry and physicochemical properties of complex oxides with the general formula $Y_{1.2}Ba_{1.8}Fe_{3-x}Co_xO_{8+\delta}$, where x = 1.02, 1.05, and 1.08.

Подробное изучение твердого раствора состава $Y_2Ba_3Fe_{5-y}Co_yO_{13-\delta}$ началось после получения оксида $Y_2Ba_3Fe_3Co_2O_{13-\delta}$ со слоистой упятеренной структурой типа «$a_p \times a_p \times 5a_p$» в работе [1]. Изначально было установлено, что однофазные оксиды тетрагональной симметрии образуются при $1.7 \le y \le 2.1$. Однако дальнейшие исследования кристаллической структуры показали, что тетрагональная структура типа «$a_p \times a_p \times 5a_p$» наблюдается только при $1.9 \le y \le 2.1$, а при $1.7 \le y \le 1.8$ образуются оксиды с упорядочением вдоль оси с типа «$a_p \times a_p \times 3a_p$». Номинальный состав последних может быть записан следующим образом $Y_{1.2}Ba_{1.8}Fe_{3-x}Co_xO_{8+\delta}$.

Синтез образцов проводился на воздухе путем пиролиза глицерин-нитратных композиций. В качестве исходных веществ были взяты следующие реактивы: оксид иттрия Y_2O_3 (ИтО-В), карбонат бария $BaCO_3$ (ос.ч.), оксалат железа $FeC_2O_4*2H_2O$ (ч.д.а) и металлический кобальт Co и глицерин (ч.д.а.). Перед проведением синтеза оксид иттрия и карбонат бария прокаливали для удаления адсорбированной влаги и газов.

Фазовый состав полученных оксидов был исследован методом рентгенофазового анализа. Результаты РФА показали, что в данных условиях синтеза все образцы являются однофазными. Кислородная нестехиометрия на воздухе была определена методом потенциометрического титрования на автоматическом титраторе «Аквилон АТП-02».

Кристаллическая структура всех однофазных оксидов была описана в рамках тетрагональной элементарной ячейки типа $a_p \times a_p \times 3a_p$ (пр. гр. P4/mmm). Уточнение параметров элементарных ячеек проводили с помощью полнопрофильного анализа Ритвельда в программе «FullProf».

Установлено, что при введении кобальта в подрешетку железа наблюдается уменьшение параметров элементарной ячейки и небольшому уменьшению кислорода в образцах. Это связано с размерным фактором: ион железа Fe^{3+}(0.55Å,

LS, 0.645Å, HS, к.ч.=6) больше иона кобальта Co^{3+}(0.545 Å, LS, 0.61 Å, HS, к.ч. = 6) [2].

Для изучения транспортных свойств и КТР порошки однофазных образцов прессовали в виде брусков (5×5×25 мм) и спекали при температуре 1150 °C в течение 20 часов на воздухе.

Исследование изменения удлинения образца от температуры проводили на дилатометре Netzsch DIL 402C в интервале температур 25–1100 °C на воздухе. В результате дилатометрического анализа была получена температурная зависимость относительного линейного расширения оксидов . Из полученных данных были рассчитаны коэффициенты термического расширения (КТР).

Общую электропроводность и термо-ЭДС измеряли 4-х контактным методом при постоянном токе в интервале температур 25-1100 °C на воздухе.

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. Lebedev O.I., Turner S., Caignaert V., Cherepanov V.A., Raveau B. Chemistry of Materials, V. 28(9), p. 2907–2911, (2016).
2. Shannon R.D. Revised Effective Ionic Radii and Systematic Studies of Intera-tomic Distances in Halides and Chalcogenides // Acta Cryst. 1976. V. A32. P. 751.

ОЦЕНКА ЭКРАНИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТЕКЛЯННОЙ СИСТЕМЫ Na_2O-B_2O_3-Bi_2O_3-MoO_3 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОДА GEANT4 И БАЗЫ ДАННЫХ XCOM

Стругов Е.Д.[1], Ширманов И.А.[1], Аладаилах М.В.А.[1], Ташлыков О.Л.[1], Аль-Буриахи М.С.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Университет Сакарья, Сакарья, Турция
E-mail: strugov.zhora@mail.ru

EVALUATION OF THE SHIELDING CAPACITY OF THE Na_2O-B_2O_3-Bi_2O_3-MoO_3 GLASS SYSTEM USING THE GEANT4 CODE AND THE XCOM DATABASE

Strugov E.D.[1], Shirmanov I.A.[1], Aladailah M.V.A.[1], Tashlykov O.L.[1], Al-Buriahi M.S.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Sakarya University, Sakarya, Turkey

The radiation protection capabilities of the Na_2O-B_2O_3-Bi_2O_3-MoO_3 glass system were calculated. The simulated values of mass intensity ratios (μm) were compared with theoretically calculated values for these glass samples.

В ряде случаев требуется проектирование состава материалов, которые необходимо использовать в качестве защитного материала от ионизирующего излучения [1]. Композитные материалы могут являться эффективным средством защиты от гамма- и нейтронного излучения, поскольку они, имея в своем составе тяжелые и легкие ядра, позволяют проектировать оптимальный химический состав применительно к планируемым условиям облучения (для конкретного изотопного состава радиоактивных загрязнений). В настоящее время в мире активно ведутся работы по изучению различных стеклянных систем, в том числе Na_2O-B_2O_3-Bi_2O_3-MoO_3 в качестве защиты от гамма-излучения. Синтезирование таких систем и изучение их некоторых свойств было проведено Саддиком и другими [2].

В данной работе представлены результаты моделирования и расчета радиационно-защитных свойств аналогичных стеклянных систем с 9-ю вариантами соотношения входящих в их состав химических элементов с помощью расчетного кода GEANT4 и базы данных XCOM. Проведено сравнение полученных результатов (рис.1).

Инструментарий Geant4 используется для проведения экспериментов, которые вызываю определенные трудности, такие как высокая стоимость или длительность. В настоящее время Geant4 имеет несколько применений, включая медицинскую физику, космос, оптические исследования.

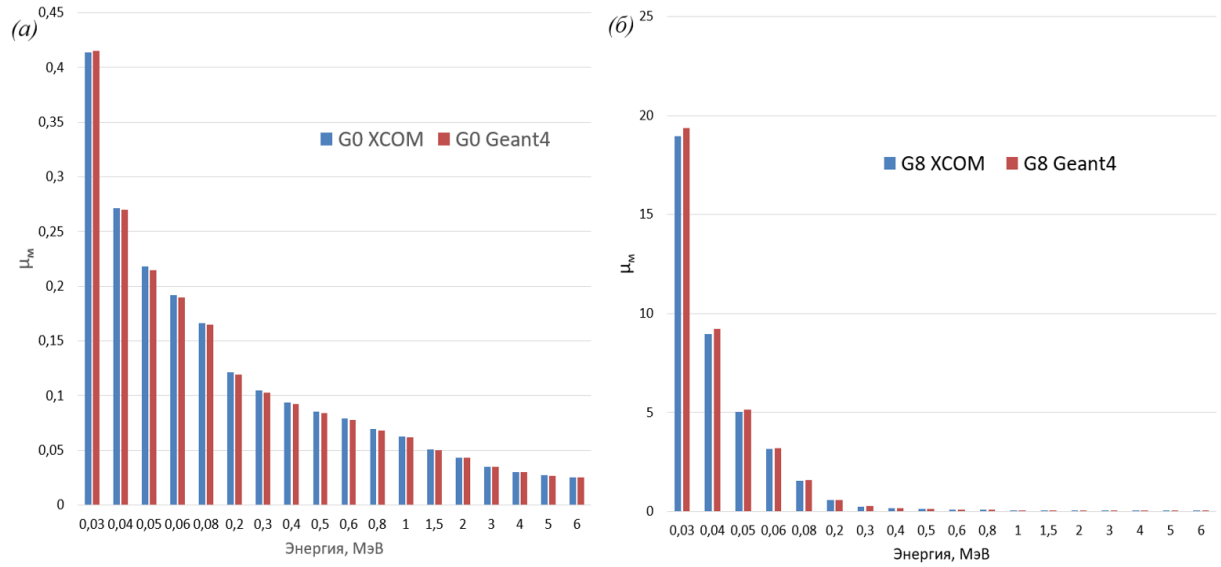


Рис.1. Результаты расчетов для образцов G0 (а) и G8 (б)

Результаты показывают, что образец G8, имеющий самое высокое содержание Bi_2O_3-MoO_3, обладает наибольшими значениями коэффициента массового ослабления (μм) и наименьшими значения слоя половинного ослабления.

1. Russkikh I. M., Seleznev E. N., Tashlykov O. L, Shcheklein S. E. Experimental and Theoretical Study of Organometallic Radiation-Protective Materials Adapted to Radiation Sources with a Complex Isotopic Composition // Physics of Atomic Nuclei, 2015, Vol. 78, No. 12, pp. 1451-1456
2. SaddeekY.B., Abousehly A., Hussien S.I., Synthesis and several features of the Na2O-B2O3-Bi2O3-MoO3 glasses, Journal of Physics D: Applied Physics, 40 (2007) 4674.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ, СНИЖАЮЩИХ РИСК ЗАРОЖДЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ДЕФЕКТОВ КРН

Рыбалко С.В.[1], Рыбалко В.Г.[2], Новгородов Д.В.[2], Сурков А.Ю.[2], Черных С.Е.[3]

[1)] ООО "НПП"Нефтегаздиагностика", г.Екатеринбург, Россия
[2)] Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: surkov_andrey@mail.ru

USING OF HIGH-STRENGTH PROTECTIVE COATINGS, REDUCING THE RISK OF INITIATION AND DEVELOPMENT OF STRESS CORROSION CRACKING DEFECTS

Rybalko S.V.[1], Rybalko V.G.[2], Novgorodov D.V.[2], Surkov A.Yu.[2], Chernykh S.E.[3]

[1)] OOO "NPP"Neftegazdiagnostika", Ekaterinburg, Russia
[2)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IMP UB RAS)
[3)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

The article is devoted to the application of new methods of protection of trunk pipelines with defects of SCC. New anti-corrosion coatings will significantly reduce the stress level in the pipeline being repaired, preventing the development of SCC defects.

Газотранспортная система России из-за своей протяженности функционирует в условиях возможности практически всех известных опасных геологических и других природных процессов, которые характеризуются многообразием воздействий на объекты газоснабжения. Коррозионное растрескивания под напряжением (КРН) является наиболее опасным видом коррозионной повреждаемости при котором авария наносит значительный ущерб окружающей среде, а также несут угрозу жизни и здоровью людей.

Рассматривая статистические показатели по числу аварий на выборочно взятых объектах ПАО"Газпром" [1], приходим к следующим выводам: очевиден устойчивый удельный рост аварий по причине КРН - 50% в 2005 г., 66% в 2006 г. и 71% в 2008 г., т.е. аварии на магистральных газопроводах с применением труб большого диаметра происходят преимущественно по причине зарождения и развития дефектов КРН. Для зарождения и развития данного вида повреждаемости необходимо наличие, как минимум трех факторов – склонности материала труб к КРН , доступа коррозионно-активной среды к поверхности трубы и наличие напряжений в стенке трубы. При этом качественное изоляционное покрытие практически полностью исключает вероятность возникновения коррозионных дефектов на поверхности изделия [2].

В настоящее время широко известно применение стеклопластиковых спиральных муфт или муфт из гибкого рулонированного стеклопластика для ремонта труб магистральных газопроводов. Также при проведении работ по переизоляции контакт трубы с почвенным электролитом исключается за счет нанесения защитных покрытий на основе битумно-полимерных композиции, в состав конструкции которых в обязательном порядке входит армирующий элемент – стеклосетка.

Предлагается рассмотреть применения высокопрочных изделий из стеклопластика, а именно высокомодульных высокопрочных стеклянных волокон ВМП, в качестве армирующих материалов в конструкции антикоррозионных защитных покрытий на основе битумно-полимерных композиций. При этом защитное покрытие, несущее в себе антикоррозионные функции (за счет применения битумно-полимерного слоя) и армирующие функции (за счет применения сеток из высокомодульного высокопрочного стекла), при нанесении с соответствующим усилием натяжения на участок газопровода, послужит универсальным решением при выборе методов ремонта магистральных газопроводов, решит задачи антикоррозионной защиты труб и снижения уровня напряжений, что уменьшит риск зарождения и развития дефектов КРН.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Диагностика», Г.р.№ АААА-А18-118020690196-3)

1. Соловей В.О., Александров Ю.В., Свирида М.М., Кузьбожев А.С. Напряженно-деформированное состояние газопровода, приводящее к аварийному разрушению // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, 2009, №7, С.42−45.
2. Попов В.А., Матвиенко А.Ф. Выявление дефектов сплошности металла и защитного покрытия на трубопроводах // Дефектоскопия, 2009, №7, С.8-12.

ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ МНОГОФАЗНЫЕ МЕДНО-ТИТАНОВЫЕ ПОКРЫТИЯ ОСАЖДЕННЫЕ НА СПЛАВ С17200

Терюкалова Н.В.[1], Новицкая О.С.[1]

[1)] Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия

E-mail: natali.t.v@ispms.tsc.ru

ION-PLASMA MULTI-PHASE COPPER-TITANIUM COATINGS DEPOSITED ON THE ALLOY C17200

Teryukalova N.V.[1], Novitskaya O.S.[1]

[1)] Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS, Tomsk, Russia

This paper investigates the microstructure and phase composition of the KU-TI coating on the C17200 alloy, obtained by the ion-plasma method. The effect of coating deposition modes on beryllium bronze is shown.

В настоящее время наиболее перспективным методом получения твердых интерметаллических покрытий и покрытий на основе нитридов различных элементов является ионно-плазменное легирование [1]. Однако, для нанесения на металлы и сплавы с низкой твердостью, такие как медь и ее сплавы, существуют ограничения применения твердых покрытий. Для решения этой проблемы создают многослойные покрытия с чередующимися слоями меди и её соединений, а также композиционные слои [2,3].

В данной работе для исследования были взяты образцы сплава С17200 в закаленном состоянии с размерами: высота 8,0 мм, диаметр 5 мм. Процесс нанесения покрытий на сплав С17200 осуществляли на установке «КВАДРО», входящей в состав Комплекса уникальных электрофизических установок ИСЭ СО РАН. Осаждение покрытий производили по двум режимам. В качестве рабочего газа в режиме №1 и №2 был использован аргон (0,3 Па), ток источника газовой плазмы равен 30-40 А. Напряжение смещения в процессе напыления равно 100 В. В режиме №1 ток испарителя 1 (Ti) равен 90 А, а ток испарителя 2 (Cu) равен 90 А. Время осаждения по первому режиму 120 минут. В режиме №2 ток испарителя 1 (Ti) в начале 30 А и каждые 20 мин добавляли по 5 А до достижения 90 А, а ток испарителя 2 (Cu) равен 90 А. Время осаждения по второму режиму 240 минут. Температура обработки образцов равна 320-330ºС, соответствует температуре старения бериллиевой бронзы.

Микроструктура поверхности полученных покрытий показана на (Рисунок 1(а,б)). Толщина полученного покрытия по первому режиму составила 5-7 мкм, а его микротвердость равна 540 HV. Послойный микроанализ показал примерно одинаковое распределение Ti и Cu. По режиму №2 было получено покрытие с толщиной 6-8 мкм и его микротвердость была равна 530 HV. В случае режима №2 послойный микроанализ показал градиент концентрации Ti по сечению покрытия.

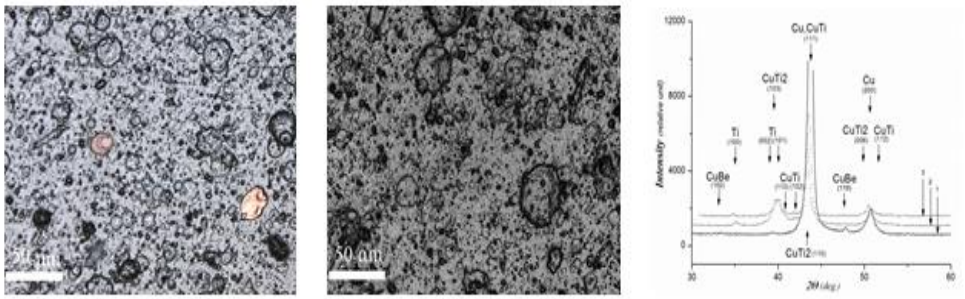


Рис.1. Микроструктура поверхности Cu-Ti покрытий полученных по режиму №1 (а), режиму №2 (б) и их фазовый анализ (в) 1 – состаренная бериллиевая бронза, 2 – композиционное покрытие, полученное по первому режиму, 3 – градиентное покрытие, полученное по второму режиму

По результатам рентгенофазового анализа установлено, что полученные по режиму №1 и №2 покрытия представляют собой многофазную структуру, состоящую из Cu, Ti и соединений CuTi, и $CuTi_2$ (Рисунок 1 (в)).

В результате исследования было установлено, что независимо от режима осаждения, микротвердость образцов с покрытиями повысилась до 530-540 HV. В то время как микротвердость состаренной бериллиевой бронзы без покрытия составляет 350 HV. Таким образом, ожидается, что полученные на поверхности сплава C17200 многофазные покрытия, могут использоваться, чтобы продлить срок его службы при трении.

Авторы выражают благодарность Денисовой Ю.А. и Леонову А.А. за предоставленную помощь в проведении исследования.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 20-58-00048 Бел_а).

1. Carrasco C, Segers L, Benavente B and Vergara V 2004 J. of Materials Processing Technology 145(3) 371
2. Yan MF, Zhu YD, Zhang CS, Zhang YX, Wang YX and Yang L 2015 Materials and Design 84 10
3. Kim GS, Lee SY, Hahn JH, Lee BY, Han JG, Lee JH and Lee SY 2003 Surface & Coatings

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Ba_{1-X}Ln_XFe_{1-Y}Co_YO_{3-D}$ (Ln=Eu, Gd)

Трапезникова Е.В.[1], Волкова Н.Е.[1], Черепанов В.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

E-mail: lena.trapeznikova@mail.ru

CRYSTAL STRUCTURE AND PROPERTIES $Ba_{1-X}Ln_XFe_{1-Y}Co_YO_{3-D}$ (Ln=Eu, Gd) SOLID SOLUTIONS

Trapeznikova E.V.[1], Volkova N.E.[1], Cherepanov V.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In the present work we have shown the effect of rare earth element nature and role of Ln/Ba and Fe/Co ratio for the crystal structure, oxygen content and properties for the $Ba_{1-x}Ln_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$ (Ln = Eu, Gd; x = 0.1-0.4; y = 0-0.5) phases.

Сложные оксиды со структурой перовскита являются объектами многочисленных исследований в связи с их устойчивостью в широком интервале температур, высокой электропроводностью, химической и термической стабильностью. Ранее было установлено, что на воздухе в Fe-содержащих системах происходит образование пятислойных наноструктурно упорядоченных перовскитоподобных фаз $Ln_{2-\varepsilon}Ba_{3+\varepsilon}Fe_5O_{15-d}$ с послойным раздельным и смешанным расположением катионов в А-позициях перовскитоподобной структуры. Целью настоящей работы является определение возможности образования, кристаллической структуры перовскитоподобных оксидов общего состава $Ba_{1-x}Ln_xFe_{1-y}Co_yO_{3-d}$ (Ln=Eu, Gd) в зависимости от концентрации допанта и изучение их физико-химических свойств.

Синтез образцов осуществлялся по глицерин-нитратной технологии на воздухе, в интервале температур 900-1100°С в течение 120 часов с промежуточным перетиранием в среде этилового спирта и последующим медленным охлаждением до комнатной температуры. Кристаллическую структуру исследуемых образцов изучали методом РФА. Уточнение структурных параметров анализируемых сложных оксидов проведено методом Ле-Бейла в программе «Fullprof-2008».

Для исследования возможности образования твердых растворов общего состава $Ba_{1-x}Ln_xFe_{1-y}Co_yO_{3-d}$ (Ln=Eu, Gd) были синтезированы образцы с x = 0.1-0.4; y = 0-0.5.

По результатам РФА установлено, что однофазными являются образцы $Ba_{1-x}Eu_xFe_{1-y}Co_yO_{3-d}$ (при x=0.1, y=0.1-0.3; x=0.35, y=0; x=0.4, y=0.4) и $Ba_{0.635}Gd_{0.365}Fe_{0.6}Co_{0.4}O_{3-d}$. Рентгенограммы всех оксидов были описаны в кубической ячейке пространственной группы Pm3m (см. рис.1); параметры элементарной ячейки определены методом Ле-Бейла.

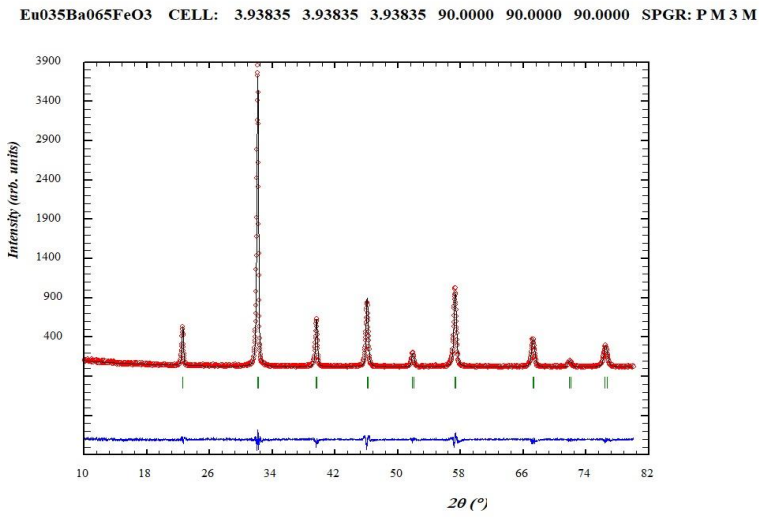


Рис. 1. Рентгеновские данные для $Ba_{0.65}Eu_{0.35}FeO_{3-d}$, обработанные методом Ле-Бейла

На рентгенограммах неоднофазных образцов были зафиксированы рефлексы, относящиеся к примесным фазам: $Ba(FeCo)O_{3-d}$ и $Ln(FeCo)O_{3-d}$.

Необходимо отметить, что при соотношении Ln/Ba≈2:3, в указанных системах возможно образование пятислойных упорядоченных перовскитоподобных фаз, однако, применение РФА не позволяет зафиксировать образование данной сверхструктуры из-за двойникования кристаллов в ортогональных направлениях, и их обнаружение возможно лишь с помощью просвечивающей электронной микроскопии.

Для всех однофазных образцов методом йодометрического титрования и ТГА определено содержание кислорода и средняя степень окисления 3d металлов в широком диапазоне температур на воздухе.

Четырех-контактным методом были изучены электротранспортные свойства образцов $Ba_{1-x}Ln_xFe_{1-y}Co_yO_{3-d}$. Положительные значения коэффициента Зеебека для твердых растворов во всем изученном интервале температур свидетельствуют о преимущественно дырочном типе проводимости.

1. Volkova N. E., Lebedev O. I., Gavrilova L. Ya., Turner S., Gauquelin N., Seikh Md. M., Caignaert V., Cherepanov V. A., Raveau B., Van Tendeloo G. Nanoscale Ordering in Oxygen Deficient Quintuple Perovskite Sm2-εBa3+εFe5O15-δ: Implication for Magnetism and Oxygen Stoichiometry // Chemistry of Materials. – 2014. – V. 26, № 21. – P. 6303–6310.
2. Volkova N. E., Urusova A.S., Gavrilova L.Ya., Bryuzgina A.V., Deryabina K.M., Mychinko M.Yu., Lebedev O.I., Raveau B., Cherepanov V. A. Special Features of Phase Equilibriums in Ln–Ba–Fe–O Systems // Journal of Zhurnal Obshchei Khimii. – 2016. – V. 86, № 8. – P. 1258–1263.

ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ НА КОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ХН62М В СОЛЕВЫХ РАСПЛАВАХ НА ОСНОВЕ FLINAK

Трубченинова А.И.[1], Абрамов А. В.[1], Алимгулов Р.Р.[1], Половов И.Б.[1], Гибадуллина А.Ф.[1], Золотарёв Д.А.[1], Жиляков А.Ю.[1], Хотинов В.А.[1], Беликов С.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: atrubcheninova@gmail.com

INFLUENCE OF SURFACE MODIFICATION METHODS ON THE CORROSION PROPERTIES OF NICKEL ALLOY KHN62M IN MOLTEN SALTS BASED ON FLINAK

Trubcheninova A.I.[1], Abramov A.V.[1], Alimgulov R.R.[1], Polovov I.B.[1], Gibadullina A. F.[1], Zolotarev D. A.[1], Zhilyakov A.Yu.[1], Khotinov V.A.[1], Belikov S.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Influence of surface modifications on the corrosion behavior of KhN62M was investigated. The samples were obtained by two techniques: plastic deformation and finishing-hardening treatment. The results showed that modifications have a positive effect on the corrosion resistance of the studied alloy.

На сегодняшний день поиск конструкционных материалов, сохраняющих приемлемую коррозионную стойкость во фторидных расплавах, является актуальной задачей. Неоднократно проведённые исследования подтверждают перспективность никелевых сплавов как с точки зрения механических, так и теплофизических свойств. Для полноценного использования никелевых сплавов в агрессивных фторидных расплавах при повышенных температурах необходима их высокая коррозионная стойкость. Влияние на коррозионное разрушение могут оказывать такие факторы, как фазовый состав сплава и морфология выделений, размер зерна, текстура, тип межзеренных границ.

Настоящая работа посвящена исследованию влияния различных методов модификации поверхности на коррозионную стойкость никелевого сплава ХН62М. Солевая композиция представляла собой эвтектический расплав LiF–NaF–KF (FLiNaK), содержащий тетрафторид урана. В качестве методов модификации поверхности выбраны два способа: холодная пластическая деформация с последующим отжигом и отделочно-упрочняющая обработка методом роликового обкатывания. Исследования коррозионной стойкости образцов сплава ХН62М проводились при температуре 650 °С в течение 100 ч.

Для оценки коррозионного поведения использован комплекс независимых методов исследования: гравиметрический метод, химический анализ, растровая

электронная микроскопия, микрорентгеноспектральный и рентгенофазовый анализ, а также выполняли исследование механических свойств материала.

Образцы, подвергшиеся холодной пластической деформации поверхности, показали повышенную коррозионную стойкость. Установленные значения скоростей коррозии, а также характер разрушения поверхности, указывают на возможность использования данного способа модификации поверхности для повышения ресурса материала.

В случае, когда поверхность образцов сплава модифицировали с помощью отделочно-упрочняющей обработки, значения скоростей коррозии оказались незначительно выше, чем у металла в состоянии поставки. Механизм разрушения поверхности имел подповерхностный характер с сохранением обработанного слоя. На основе полученных данных сделан вывод о возможной эффективности данного метода модификации при усовершенствовании разрабатываемой технологии отделочно-упрочняющей обработки.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственной корпорации «Росатом» (контракт No. Н.4щ.241.09.20.1101)

NIR ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ В МОДИФИЦИРОВАННОМ УГЛЕРОДОМ ДИОКСИДЕ ТИТАНА С АНАТАЗ/БРУКИТНОЙ МАТРИЦЕЙ

Ульянова Е. С.[1], Замятин Д. А.[2], Красильников В. Н.[1], Гырдасова О. И.[1], Самигуллина Р. Ф.[1], Шалаева Е. В.[1]

[1)] ИХТТ УрО РАН, Екатеринбург, Россия
[2)] ИГГ им. А.Н. Заварицкого УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: tsivileva.yekaterina@yandex.ru

NIR PHOTOLUMINESCENCE IN C-MODIFIED TITANIUM DIOXIDE WITH ANATASE-BROOKITE MATRIXE

Ulyanova E. S.[1], Zamyatin D. A.[2], Krasilnikov V. N.[1], Gyrdasova O. I.[1], Samigullina R. F.[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

NIR photoluminescence was found in $Ti(O,C)_2/C$ with anatase/brookite matrix synthesized by thermolysis of titanium glycolate. Effect of carbon content on the NIR PL was observed. NIR PL is associated with radiative recombination at Ti^{3+} centers, which are formed under reducing condition of synthesis.

Материалы на основе TiO_2 вызывают научный интерес, связанный с их фотокаталитической активностью. Для улучшения фотоактивности и уменьшения скорости рекомбинации носителей заряда используются различные способы модифицирования TiO_2, в том числе углеродом. Одной из методик модифицирования TiO_2 является термолиз органических прекурсоров титана, при котором происходит анионное допирование TiO_2 и формирование композита TiO_2/C [1]. Открытым для таких материалов является вопрос о люминесцентных свойствах, которые характеризует процессы рекомбинации носителей заряда и зависят от структурных дефектов TiO_2 и состояния углерода.

Методом термолиза гликолята титана в воздушной и гелиевой атмосферах при температурах 300-500 ˚C получены композиты $TiO_{2-x}C_x$:nC, с различным содержанием углерода. Структурные и фотолюминесцентные (ФЛ) свойства порошков исследованы методами рентгеновской дифракции, микроскопии высокого разрешения и спектроскопии комбинационного рассеяния (λ=480, 785 нм).

Установлено, что на начальных стадиях термолиза гликолят титана испытывает превращение в аморфную фазу, которая с отжигом трансформируется в анатаз/брукитную смесь с выделением аморфного углерода. ФЛ спектры (Рис. 1) нанокристаллического TiO_2 (1), $TiO_{2-x}C_x$:nC отожженного при 350 ˚C с различным содержанием углерода (2 и 3) и $TiO_{2-x}C_x$:nC отожженного при 400 ˚C (4) демонстрируют характерные для TiO_2 четыре полосы в видимой области спектра: 535, 579, 635, 692 нм, связанные с излучательной рекомбинацией на поверхностных

центрах (кислородные вакансии и гидроксильные группы)[2]. Композиты $TiO_{2-x}C_x$:nC имеют сдвиг полос в длинноволновую область относительно нанокристаллического TiO_2. Порошки $TiO_{2-x}C_x$:nC, синтезированные с повышенным содержанием углерода в исходном прекурсоре (3,4), проявляют дополнительную NIR полосу (876 нм), положение которой не зависит от длины волны возбуждения, что не характерно для аморфного углерода. Предполагается, что данная полоса связана с рекомбинацией на дефектах Ti^3+, формированию которых способствуют восстановительные условия синтеза [3]. При этом, люминесценция в видимой области спектра демонстрирует небольшие интенсивности, указывающие на сниженную скорость рекомбинации носителей заряда, что является важным для фотокатализа в видимой части.

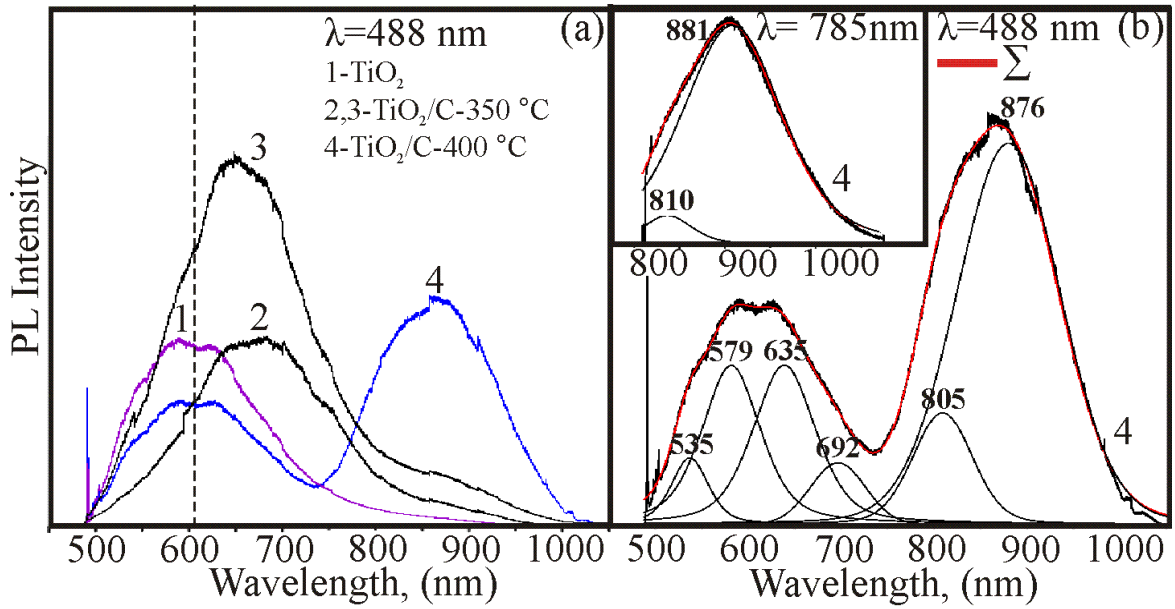


Рис. 1. Спектры ФЛ порошков $TiO_{2-x}C_x$:nC с различным содержанием углерода (a); спектры образца, отожженного при 400 ºС, λ=488 и 785 нм (b).

Работа выполнена в соответствии с государственным заданием ИХТТ УрО РАН (тема АААА-А19-119031890025-9)

1. Krasil'nikov V.N., Zhukov V.P., Baklanova I.V., Gyrdasova O.I., Byldakova L.Yu. Catal Lett. 145, 1290-1300 (2015).
2. Chetibi L., Busko T., Kulish N.P., Hamana D., Chaieb S., Achour S. J. Nanopart. Res. 19, 129-136 (2017).
3. Abdullah S.A, Sahdan M.Z., Nafarizal N., Saim H., Bakri A.S., Cik RohaidaC.H., Abriyanto F., Sari Y. J. of Physics: Conf. Series. 995, 012067 (2018).

СТРУКТУРА ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ $Y_2Ba_3Fe_{5-X}Co_XO_{13-\Delta}$

Урусова А.С.[1], Брюзгина А.В.[1], Соломахина Е.Е.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: Anastasia.Podzorova@urfu.ru

STRUCTURE OF OXIDE MATERIALS $Y_2Ba_3Fe_{5-X}Co_XO_{13-\Delta}$

Urusova A.S.[1], Bryuzgina A.V.[1], Solomakhina E.E.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

$Y_2Ba_3Fe_{5-x}Co_xO_{13-\delta}$ phases have been prepared using a glycerol-nitrate technique at 1373 K in air. The X-ray diffraction (XRD) pattern for the single phases were refined by the Rietveld method within the tetragonal structure (space group P4/mmm).

На сегодняшний день известно о существовании сложного оксида феррита иттрия-бария состава $Y_2Ba_3Fe_3Co_2O_{13+\delta}$ [1].

В качестве исходных компонентов для получения сложных оксидов $Y_2Ba_3Fe_{5-x}Co_xO_{13-\delta}$ в интервале составов $0.0 \le x \le 3.0$ 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. 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 773 К в течении 8 часов.

Синтез образца проводился по глицерин-нитратной технологии. Для этого навески исходных компонентов были растворены в растворе азотной кислоты при нагревании. Затем было добавлено эквимолярное количество глицерина $C_3H_8O_3$ и раствор выпаривали. Полученный при этом сухой остаток медленно нагревали до 1373 К и выдерживали в течение 10 часов. Дальнейший обжиг образцов проводили при 1373 К в течение 100 часов с промежуточными перетираниями. Заключительный отжиг проводили при 1373 К 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 CuKα излучении.

По результатам РФА установлено, что область гомогенности для твердого раствора $Y_2Ba_3Fe_{5-x}Co_xO_{13-\delta}$ лежит в интервале составов $1.9 \le x \le 2.1$. А также установлено, что исследуемый твердый раствор обладает тетрагональной симметрией типа «ap×ap×5ap», где ap – параметр идеального кубического перовскита. С помощью программного пакета Fullprof были уточнены параметры элементар-

ных ячеек и факторы сходимости изученных образцов. При изменении соотношения кобальта/железа наблюдалось увеличение параметров элементарных ячеек.

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. Lebedev O.I., Turner S., Caignaert V., Cherepanov V.A., Raveau B. Chemistry of Materials, V. 28(9), p. 2907–2911, (2016).

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОМАТРИЧНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ, УПРОЧНЁННОГО БАЗАЛЬТОВЫМИ ВОЛОКНА

Валихов В.Д.[1], Хрусталёв А. П.[1], Жуков И. А.[1], Ворожцов А. Б.[1]

[1)] Национальный исследовательский Томский государственные университет, г. Томск, Россия

E-mail: valihov.snobls@gmail.com

SYNTHESIS AND RESEARCHING OF THE STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF A METAL-MATRIX COMPOSITE MATERIAL BASED ON ALUMINUM HARDENED WITH BASALT FIBE

Valikhov V. D.[1], Khrustalyov A. P.[1], Zhukov I. A.[1], Vorozhtsov A. B.[1]

[1)] National research Tomsk State University, Tomsk, Russia

This paper investigates the effect of basalt fibers on the physical and mechanical properties of the aluminum alloy A356. It was found that with the introduction of 1.5 wt.% Basalt fibers, the microhardness increases from 68 HV to 82 HV, the width of the eutectic decreases from 12 to 7.5 μm.

В современном мире композиционные материалы получили широкое распространение благодаря своим свойствам, во многом превосходящим свойства традиционных материалов. Особенное место среди композиционных материалов занимают композиционные материалы на основе металлической матрицы, упрочнённые керамическими частицами. Такое сочетание металлической матрицы и керамического упрочнителя позволяет получить композиционный материал, обладающий высокими показателями прочности и твёрдости и имеющим при этом пластичность как у исходного металла [1-4].

В данном исследовании в качестве матрицы был использован литьевой алюминиевый сплав АК9 (Al – 85.9-91.6%, Si – 8-11%, Mn – 0.2-0.5%, Mg – 0.2-0.4%). В качестве упрочнителя использовались измельчённые базальтовые волокна со средней длинной волокон 57 μм ± 5 μм. Химический состав базальтовых волокон были исследован методом атомно-эмиссионного анализа дважды: до и после отжига в печи. Структура волокон была исследована на растровом электронном микроскопе.

Для получения композиционного материала использовалась технология литья в стальной кокиль. В струю алюминиевого расплава при температуре 730°С вводились измельчённые базальтовые волокна, завёрнутые в алюминиевую фольгу и предварительно нагретые до 120°С. После введения волокон осуществлялось перемешивание расплава механическим смесителем при его кристаллизации в течение 30 секунд. Содержание базальтовых волокон в полученном композиционном материале составило 1,5 мас.%.

Микроструктура полученного композита исследовалась с помощью оптического микроскопа Olympus GX 71. Исследование твёрдости композиционного материала проводилось по методу Виккерса с нагрузкой на индентор 30 кгс.

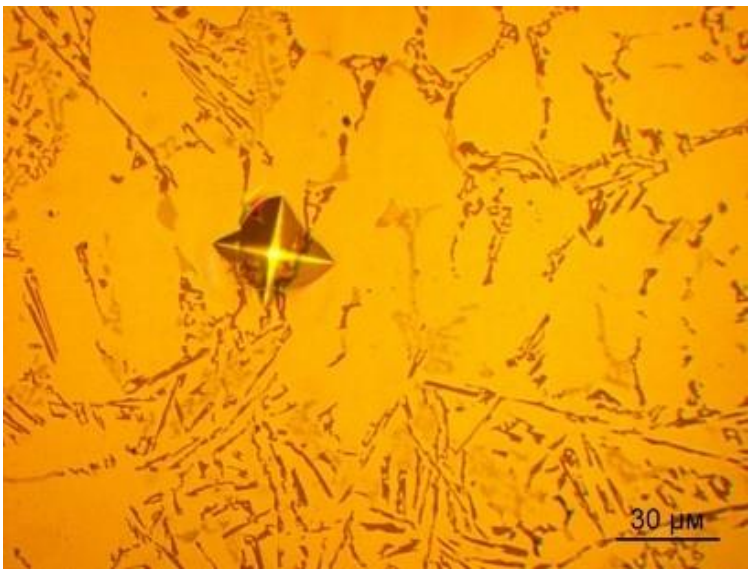


Рис. 1. Оптическое изображение поверхности композиционного материала АК9-1.5 масс.% базальтовых волокон после измерения твёрдости по Виккерсу

На рисунке 1 можно увидеть отпечатки пирамидального индентора, полученные после испытания на микротвёрдость. Введение 1,5 мас.% измельчённых базальтовых волокон увеличивает твёрдость по шкале Виккерса на 20,5% по сравнению с исходным сплавом.

В результате исследования было выявлено, что введение 1,5 мас.% базальтовых волокон приводит к увеличению микротвёрдости с 68 HV до 82 HV, а также снижает размер эвтектики с 12 до 7.5 μм.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-13-01252).

1. Joel I., Wang J., Oliver W. D. An aluminium superinductor //Nature materials. – 2019. – Т. 18. – №. 8. – С. 775.
2. Rambabu P. Aluminium alloys for aerospace applications //Aerospace materials and material technologies. – Springer, Singapore, 2017. – С. 29-52
3. Poznak A., Freiberg D., Sanders P. Automotive Wrought Aluminium Alloys //Fundamentals of Aluminium Metallurgy. – Woodhead Publishing, 2018. – С. 333-386.
4. Wijesekara D. M. Cost effective and speedy construction for high-rise buildings in Sri Lanka by using aluminium panel system formworks. – 2012. – С. 239-244.

СИНТЕЗ КЕРАМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН ZrO_2-Y_2O_3 МЕТОДОМ ПРОПИТКИ ВИСКОЗНОЙ ВАТЫ

Валинурова А.Ф.[1], Титова С.М.[1], Закиров И.Ф.[1], Шак А.В.[1], Афонин Ю.Д.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: sulabadr@rambler.ru

THE SYNTHESIS OF CERAMIC ZrO_2-Y_2O_3 FIBERS BY THE METHOD OF IMPREGNATION OF VISCOSE WOOL

Valinurova A.F.[1], Titova S.M.[1], Zakirov I.F.[1], Shak A.V.[1], Afonin Yu.D.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The possibility of synthesis of ZrO_2 - Y_2O_3 ceramic fibers by means of impregnation of viscose wool by solutions of zirconyl nitrate with the addition of yttrium nitrate and subsequent high - temperature roasting was considered.

Особый интерес на современном этапе развития науки и промышленности представляют керамические волокна. Для успешного применения к ним предъявляется ряд требований. В связи с чем, перед нами была поставлена цель: разработать волокна на основе диоксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия, путем пропитки вискозной ваты [1].

Синтез проводили методом адсорбции. Рабочий раствор для пропитки с суммарной концентрацией циркония и иттрия 300 г/дм^3 (в пересчете на оксиды) готовили путем смешения растворов нитратов цирконила и иттрия. Для лучшего насыщения процесс пропитки вискозного материала проводили под вакуумом при комнатной температуре. Пропитанные образцы извлекали из рабочего раствора, сушили при температуре 80°С, затем обжигали в муфельной печи при температуре 1700°С в течение 2 часов.

Метод позволяет получать волокна длиной до 1мм, диаметром 10 мкм.

Керамические волокна, полученные при пропитке данного вида матрицы, характеризуются пористой структурой, поперечным сечением неправильной формы и наличием продольных борозд на поверхности образца.

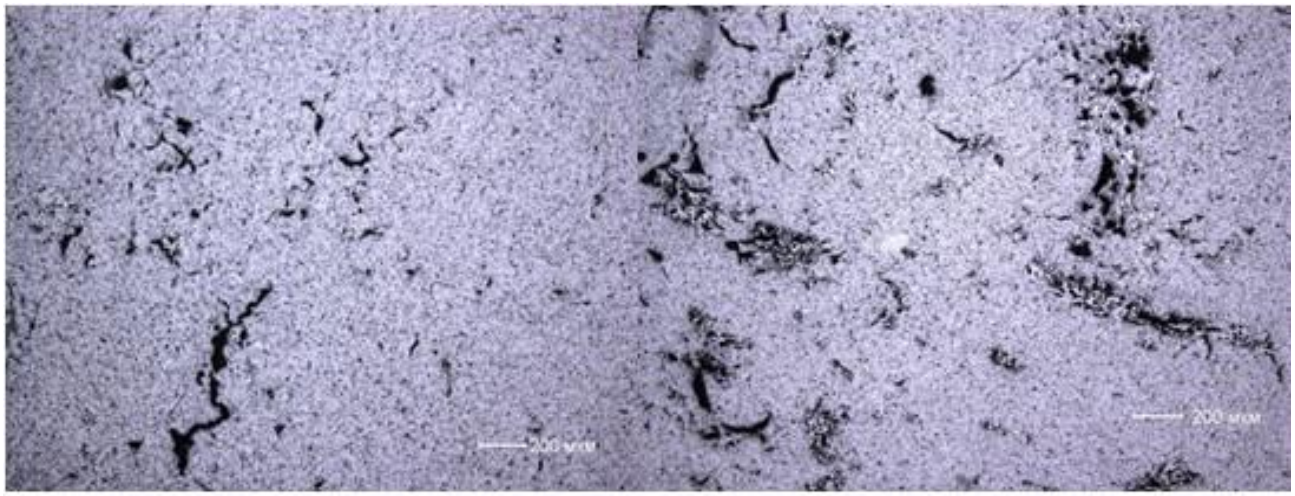
По результатам рентгенофазового анализа образцов синтезированных керамических волокон идентифицировано три фазы: моноклинная, ромбоэдрическая и тетрагональная. Тетрагональная модификация является преобладающей (96,1%).

Был проведен термогравиметрический анализ. На кривой дифференциально-термического анализа в области 60-160°С наблюдается значительный эндоэффект, обусловленный удалением сорбированной воды. В интервале температур 160-190°С наблюдается эндопик, вызванный началом протекания реакции разложения азотнокислого цирконила. Экзоэффект при температуре 330°С обусловлен процессом карбонизации и оксиления целлюлозы. При увеличении нагрева до 430°С наблюдается экзоэффект, который обусловлен кристаллизацией аморфного диоксида циркония в низкотемпературную тетрагональную модификацию.

Дальнейшее увеличение температуры характеризуется переходом низкотемпературной тетрагональной модификации в высокотемпературную моноклинную. В области 1100°С моноклинная модификация трансформируется в высокотемпературную тетрагональную модификацию диоксида циркония. Выход волокна составил 20% от общей массы [2].

Для определения влияния синтезированных керамических волокон на свойства армированной керамики, были изготовлены соответствующие композиты, а также образец сравнения неармированной керамики. Провели испытания образцов на изгиб. Предел прочности матрицы составил 115 МПа, образца с волокном 117 МПа.

Срез образца керамики исследовали с помощью металлографического анализа. Фотографии микроструктуры представлены на рис. 1.



а) б)

Рис.1. Микроструктура образца а) – матрица; б) – образец с волокном.

Матрица имеет монолитную структуру, присутствуют крупные вытянутые поры. На образце с волокном визуально наблюдается большое количество пор и неровностей различных форм, преимущественно сконцентрированных вокруг волокон.

Таким образом, метод пропитки вискозной ваты позволяет синтезировать керамические волокна $ZrO_2 – Y_2O_3$ длиной до 1 мм, способные служить армирующим материалом оксидной керамики.

1. Михеев С.В. Керамические и композиционные материалы в авиационной технике. М.: Альтекс, 2002
2. Ермоленко И. Н. Волокнистые высоко-температурные керамические материалы. Минск : Наука и техника, 1991.

СИНТЕЗ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО КАРБИДА ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В СОЛЕВОМ РАСПЛАВЕ

Вараксин А.В.[1], Рempель А.А.[1, 2]

[1)] Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: vorax@yandex.ru

SYNTHESIS OF HIGH ENTROPY CARBIDE OF TRANSITION METALS IN A MOLTEN SALT

Varaksin A.V.[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

This paper describes a method of synthesizing a high entropy carbide in a molten salt. The method is based on the phenomenon of electric current less transfer of one metal to another metal through a molten salt.

В данной работе рассмотрена возможность синтеза высокоэнтропийного карбида (TiZrNbHfTa)C в солевом расплаве. Метод основан на явлении переноса одного металла на карбид другого металла через расплавленную соль без протекания через неё электрического тока.

Из анализа электродных потенциалов металлов Ti, Zr, Hf, Nb и Ta относительно хлорного электрода сравнения в эквимолярном расплаве NaCl-KCl при 1000K [1] следует, что самым электроположительным металлом является ниобий, а самым электроотрицательным – гафний.

Поэтому, если поместить порошок карбида ниобия в ионный расплав, содержащий металлический тантал и его соль, то реализуется массоперенос тантала

как более электроотрицательного металла на карбид ниобия с образованием на поверхности диффузионного покрытия в виде двойного карбида (Nb,Ta)C, либо сплава NbTa. Карбид ниобия в данном гальваническом элементе можно рассматривать как металлический ниобий, загрязнённый углеродом, так как при температурах процесса он обладает большой электронной проводимостью. Полученный таким образом двойной карбид помещают в солевой расплав для проведения реакции со следующим металлом в электрохимическом ряду – титаном. Полученный промежуточный карбид (Ti,Nb,Ta)C далее по аналогичной схеме подвергается цирконированию и на заключительном этапе производится перенос гафния, самого электроотрицательного металла в сплаве заданного химического состава. В результате продуктом такого последовательного синтеза и последующего высокотемпературного отжига является высокоэнтропийный карбид (TiZrNbHfTa)C.

Работа поддержана финансово госзаданием ИМЕТ УрО РАН.

1. Смирнов М. В. Электродные потенциалы в расплавленных хлоридах / М. В. Смирнов. — М.: Наука, 1973. — 248 с

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА МАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ОБЪЕКТОВ ИЗ СПЛАВОВ Fe-Ni

Костин В.Н.[1, 2], Сербин Е.Д.[1, 2], Василенко О.Н.[1, 2], Перов В.Н.[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: vasilenko@imp.uran.ru

EFFECT OF MECHANICAL DEFORMATION ON THE MAGNETIC CHARACTERISTICS OF FERROMAGNETIC OBJECTS MADE OF Fe-Ni ALLOYS

Kostin V.N.[1, 2], Serbin E.D.[1, 2], Vasilenko O.N.[1, 2], Perov V.N.[1, 2]

[1)] M.N. Miheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation.
[2)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

It is shown that cold plastic deformation of a number of iron-nickel alloys leads to a decrease in the proportion of irreversible processes of magnetization reversal in their curves of return from the coercive force. An explanation of the experimental results is given on the basis of the model.

Практическое использование в магнитной структуроскопии параметров, определяемых на кривых намагничивания ферромагнетиков, крайне затрудняется необходимостью предварительного тщательного размагничивания испытуемых образцов. В то же время намагничивание до состояния технического насыщения и последующее перемагничивание по предельной петле гистерезиса реализуется достаточно просто. Это привело не только к широкому применению коэрцитиметрических методов магнитной структуроскопии [1-3], но и к предложению новых магнитных параметров, связанных с перемагничиванием ферромагнитных материалов по начинающимся на предельной петле несимметричным циклам гистерезиса [4-5]. Экспериментальные исследования показали, что одним из наиболее перспективных параметром контроля может быть намагниченность (или индукция) коэрцитивного возврата, т.е. изменение намагниченности на кривой возврата от коэрцитивной силы [4].

Задачей данной работы является экспериментальное исследование и анализ влияния холодной пластической деформации на параметры кривых возврата от коэрцитивной силы ряда железо-никелевых сплавов.

Для экспериментальных исследований были выбраны образцы (Fe-Армко, никель, сплав НК в отожженном состоянии и в холоднодеформированном НКД) с различными типами кристаллической решетки, которые определяют характер

их магнитокристаллической анизотропии. Образцы материалов были плоской прокаткой в валках (деформация составила 80 % по изменению площади поперечного сечения) и последующим фрезерованием приведены к форме прямоугольных параллелепипедов. Для снятия внутренних напряжений и ликвидации анизотропии свойств все образцы кроме НКД были отожжены.

В настоящей работе исследованы магнитные свойства вещества. Экспериментальное определение свойств вещества проводили либо с помощью пермеаметра (ГОСТ 15058-69 “Методики выполнения измерений при определении статических магнитных характеристик”), либо на проволоках с пренебрежимо малым коэффициентом размагничивания.

В результате проведенной работы получены модельные выражения, описывающие перемагничивание по кривой возврата от коэрцитивной силы. Показано, что холодная пластическая деформация ряда железо-никелевых сплавов приводит к уменьшению доли необратимых процессов перемагничивания на их кривых возврата от коэрцитивной силы. Установлено, что холодная пластическая деформация Армко-железа приводит к практически линейному росту коэрцитивной силы во всем исследованном диапазоне деформаций от 0 до 70 %, а существенное уменьшение обратимой и необратимой восприимчивостей на кривых возврата происходит только при деформациях от 0 до 15 %. На основе полученных в работе модельных выражений, связывающих параметры кривой возврата от коэрцитивной силы с основными характеристиками доменной структуры, дана интерпретация полученных экспериментальных результатов.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Диагностика», № АААА-А18-118020690196-3).

1. Bezlyud'ko, G.Ya., Muzhitskii, V.F., and Remezov, V.B. Russ. J. Nondestr. Test., vol. 39, no. 4, pp. 289–296 (2003).
2. Gobov, Yu.L., Zhakov, S.V., Mikhailov, A.V., Reutov, Yu.Ya. Russ. J. Nondestr. Test., vol. 55, no. 12, pp. 935–941 (2019).
3. Kostin V. N., Vasilenko O.N., Mikhailov A. V., N. P. Lukinykh N. P., Ksenofontov D. G. Russ. J. Nondestr. Test., vol. 56, pp. 574–580 (2020).
4. Костин В.Н. Дефектоскопия, № 1, с. 29-38 (2004).
5. Kostin, V.N., Vasilenko, O.N., Sandomirskii, S.G.Russ. J. Nondestr. Test., vol. 54, pp. 776-783 (2018).

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМЕ $1/2Dy_2O_3$–SrO–$1/2Fe_2O_3$ ПРИ 1100°C

Визнер А.С.[1], Брюзгина А.В.[1], Урусова А.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: nastyavizner1998@gmail.com

PHASE EQUILIBRIUM IN THE $1/2Dy_2O_3$–SrO–$1/2Fe_2O_3$ SYSTEM AT 1100°C

Vizner A.S.[1], Bryuzgina A.V.[1], Urusova A.S.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The purpose of investigation is phase equilibria in the $1/2Dy_2O_3$–SrO–$1/2Fe_2O_3$ system at 1100°C in air. Solid solution $Dy_{1-x}Sr_xFeO_3$ ($0.0 \le x \le 0.1$, $x=0.9$) and individual oxide $Dy_3Fe_5O_{12}$ were found to form.

Целью данного исследования является изучение фазовых равновесий в системе $1/2Dy_2O_3$–SrO–$1/2Fe_2O_3$ при 1100°C на воздухе.

Синтез образцов проводили по глицерин-нитратной технологии. Для синтеза использовали оксид диспрозия Dy_2O_3 (99.9%), карбонат стронция $SrCO_3$ (99.9%) и оксалат железа двуводный $FeC_2O_4 \times 2H_2O$ (квалификация Ч.). Растворение образов проводили в азотной кислоте HNO_3 (квалификация ч.д.а.) с использованием глицерина (квалификация ч.д.а.) в качестве органического прекурсора. Отжиг образцов проводили при температуре 1100˚C на воздухе.

Определение фазового состава образцов проводили при комнатной температуре с использованием дифрактометра Shimadzu XRD -7000 в CuKα-излучении.

Структурные параметры были уточнены профильным методом Ле Бэйла с использованием пакета Fullprof.

На данный момент установлено образование твёрдого раствора $Dy_{1-x}Sr_xFeO_3$ пространственной группы Pbnm $0.0 \le x \le 0.1$ и P4/mmm для $x=0.9$. Изучение возможности замещения диспрозия стронцием $Dy_{1-x}Sr_xFeO_3$ по А-подрешётке также проводилось в работе [1] при температуре 1200°C и давлении 1 атм. В работе [1] границы твердого раствора $0.0 \le x \le 0.25$ (орторомбическая симметрия) и $0.5 \le x \le 1.0$ (кубическая симметрия).

Образование индивидуального оксида $Dy_3Fe_5O_{12}$ (пр. гр. Ia3d) в данных условиях, согласуется с работами [2, 3].

Образование индивидуальных оксидов в бинарной системе Fe_2O_3–SrO: $SrFeO_{3-\delta}$, $Sr_3Fe_2O_{7-\delta}$ пространственной группы I4/mmm, $Sr_4Fe_6O_{13-\delta}$ (пр. гр. Iba2), $SrFe_{12}O_{19-\delta}$ (пр. гр. P63/mmc) так же согласуется с литературой [4-5].

Основываясь на результатах фазового анализа 20 синтезированных образцов, был построен первичный разрез фазовой диаграммы $1/2Dy_2O_3$–SrO–$1/2Fe_2O_3$ при 1100°C с разделением на 7 областей.

1. Chul Hyun Yo and Eun Seok Lee Study of the Nonstoichiometry and Physical Properties of the SrxDy1-xFeO3-y, Ferrite System // J. Solid State Chem. – 1988. – V.73. – P.411-417.
2. S.C. Parida, K.T. Jacob, V. Venugopal System Dy–Fe–O: thermodynamic properties of ternary oxides using Calvet calorimetry and solid-state electrochemical cell // Solid State Sci. – 2002. – V.4 – P.1245-1255.
3. O. Opuchovica, A. Kareiva, K. Mazeika, [et. al.] Magnetic nanosized rare earth iron garnets R3Fe5O12: Sol–gel fabrication, characterization and reinspection // J. Magn. Magn. Mater.. – 2017. – V. 422. – P. 425-433.
4. A. S. Urusova, A. E. Vakhromeeva, T. V. Aksenova, [et. al.] Crystal Structute of Complex Oxides in the Nd2O3–MO–Fe2O3 (M = Ca, Sr) Systems // Inorg. Mater. – 2020. – V.56, №1. – P.42–46.
5. T.V. Aksenova, A.E. Vakhromeeva, Sh.I. Elkalashy, [et. al.] Phase equilibria, crystal structure, oxygen nonstoichiometry and thermal expansion of complex oxides in the Nd2O3–SrO–Fe2O3 system // J. Solid State Chem. – 2017. – V.251. – P.70-78.

НАНОСТРУКТУРЫ (Cu,Zn)/h-BN ДЛЯ ГЕТЕРОГЕННОГО КАТАЛИЗА

Волков И.Н.[1], Конопацкий А.С.[1], Лейбо Д.В.[1], Ковальский А.М.[1], Штанский Д.В.[1]

[1)] Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва, Россия

E-mail: ilia.volkov@misis.ru

NANOSTRUCTURES (Cu,Zn)/h-BN FOR HETEROGENEOUS CATALYSIS

Volkov I.N.[1], Konopatsky A.S.[1], Leybo D.V.[1], Kovalskii A.M.[1], Shtansky D.V.[1]

[1)] National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow , Russian Federation

(Cu,Zn)/h-BN heterogeneous nanostructures were successfully synthesized by wet chemistry reaction. Metal nanopartciles, 10-20 nm in dimension, were homogeneously distributed over the BN support. Nanocatalysts showed high catalytic activity in CO oxidation reaction.

Медь является одним из перспективных металлов, широко применяемых в гетерогенном катализе. Активное развитие нанотехнологий в последние годы позволило существенно расширить возможности нанокатализаторов на основе меди. Добавление к меди других металлов, например никеля и цинка, позволяет изменять селективность гетерогенных катализаторов [1; 2]. Существенное повышение каталитических свойств может достигаться за счет использования носителя катализатора, который способствует повышению дисперсности каталитически активной фазы, тем самым увеличивая количество активных центров. Одним из перспективных материалов носителей является гексагональный нитрид бора (h-

BN), к основным преимуществам которого можно отнести высокую термическую стабильность, химическую инертность, а также возможность формирования различных двумерных и трехмерных структур с развитой поверхностью. В данной работе были синтезированы и исследованы гетерогенные наночастицы Cu,Zn/h-BN.

Гетерогенные катализаторы на носителе h-BN получали из водного раствора нитратов Cu и Zn путем осаждения их комплексов при подщелачивании среды. Суспензии наночастиц h-BN готовили путем ультразвуковой обработки при комнатной температуре. Затем в суспензию добавлялись нитраты меди и цинка из расчета 3-7 % масс. металла относительно массы h-BN. Далее в суспензию по каплям добавлялся раствор едкого натра при постоянном перемешивании. Полученная суспензия сепарировалась в центрифуге, твердый осадок промывался дистиллированной водой и высушивался. Полученный порошок отжигался в протоке водорода при 350 °C в течение 2 часов для восстановления частиц металлической фазы.

Полученный в результате синтеза материал был исследован методом сканирующей электронной микроскопии. СЭМ изображения полученных гетерогенных частиц до отжига и после обработки в водороде показаны на рисунке 1.

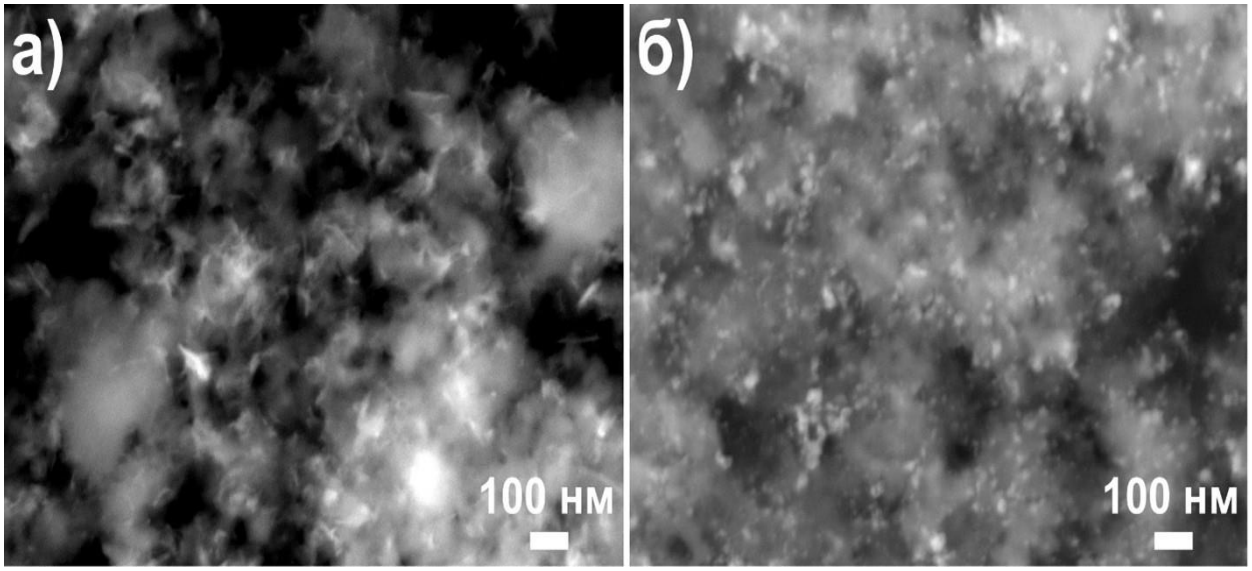


Рис. 1. СЭМ изображения Cu,Zn- содержащих BN наноструктур (а) до восстановительного отжига, (б) после восстановления в протоке водорода

На рисунке 1а видны типичные для гидроксидов разветвлённые структуры кристаллов. В результате обработки материала в протоке водорода при 350 °C формируются дисперсные частицы металлической фазы, равномерно распределенные по поверхности нитрида бора (рис. 1б). Средний размер металлических частиц составляет (10 – 20) нм. По данным рентгеноспектральной микроскопии и рентгенофазового анализа, частицы состоят из металлической меди и оксида цинка.

Каталические свойства полученных образцов были исследованы в модельной реакции окисления CO.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (соглашение № 20-79-10286).

1. Cu,Zn-based catalysts for methanol synthesis: On the effect of calcination conditions and the part of residual carbonates / J. Schumann [et al.] // Applied Catalysis A: General. – 2016. – Vol. 516. – Cu,Zn-based catalysts for methanol synthesis. – P. 117-126.
2. (Ni,Cu)/hexagonal BN nanohybrids – New efficient catalysts for methanol steam reforming and carbon monoxide oxidation / A.M. Kovalskii [et al.] // Chemical Engineering Journal. – 2020. – Vol. 395. – P. 125109

СОЗДАНИЕ ТОНКИХ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ СЛОЕВ В ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ДЕТЕКТОРАХ НА ОСНОВЕ КОРУНДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИК-НАГРЕВА

Волошин А.М.[1], Абашев Р.М.[1, 2], Аглетдинов М.Р.[2], Мильман И.И.[1, 2], Сюрдо А.И.[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: artemiyc@list.ru

CREATION OF THIN SENSITIVE LAYERS IN CORUNDUM-BASED LUMINESCENT DETECTORS USING LASER IR-HEATINGTECTORS USING LASER IR-HEATING

Voloshin A.M.[1], Abashev R.M.[1, 2], Agletdinov M.R.[2], Milman I.I.[1, 2], Surdo A.I.[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

The modes of surface laser IR-heating of specially treated detectors based on α-$Al_2O_{3-\delta}$ were investigated. It makes possible to create thin sensitive layers in them in the detectors. The optimal modes for creating thin layers with a thickness of 5 mg/cm^2 were found.

Актуальной задачей в области индивидуального дозиметрического контроля является создание высокоэффективных запасающих люминесцентных детекторов для измерения поглощенных доз в кожном покрове [1]. Согласно [2] массовая толщина активного слоя детектора, применяемого в кожных дозиметрах, должна быть 5 мг/см^2, что при переходе к линейным размерам составляет 10-20 мкм для

таких дозиметрических материалов, как α-Al_2O_3 и LiF. Имеющиеся и перспективные детекторы для кожной дозиметрии имеют либо большую толщину чувствительного слоя, чем нормируемая в [2], либо недостаточную чувствительность, либо невысокие эксплуатационные характеристики, например, разрушение чувствительного слоя при небольшом перегреве во время измерения. Поэтому целью работы является создание детекторов ионизирующих излучений с тонким чувствительным слоем на основе анионодефицитного корунда (α-$Al_2O_{3-\delta}$) для кожной и глазной дозиметрии с использованием эффекта оптически стимулированной люминесценции (ОСЛ).

В [3] показано, как используя специальную термооптическую обработку (ТОО), а затем поверхностный отжиг лазерным ИК-излучением с длиной волны 10 мкм, подводимой мощностью P = 12 Вт, скоростью сканирования v = 0.1 м/с и плотностью сканирования s = 40 $мм^{-1}$, можно в образцах α-$Al_2O_{3-\delta}$ сначала подавить люминесцентную активность, а затем создать тонкие чувствительные слои.

В недавно проведенных исследованиях получено, что ОСЛ-выход из чувствительного слоя и его толщина сложным образом зависят от подводимой мощности лазерного излучения, скорости и плотности сканирования. Если снижать P относительно указанной в [3] с 12 до 8.6 Вт, то ОСЛ-выход падает до 0 и согласно полученным данным оптической микроскопии чувствительный слой со специфической микроструктурой перестает образовываться. Рост P от 12 до 15 Вт при v = 0.1 м/с и s = 39 $мм^{-1}$ сопровождается резким возрастанием ОСЛ-выхода более чем в 20 раз. Если при s = 39 $мм^{-1}$ и P = 12 Вт уменьшать v от 0.5 до 0.01 м/с, то толщина чувствительного слоя ds увеличивается от 5 до 60 мкм. Одновременно ОСЛ-выход изменяется экстремальным образом. Он возрастает в ~6 раз с понижением v от 0.5 до 0.1 м/с и уменьшается не менее чем в ~2 раза при v = 0.01 м/с. В случае изменения s от 1 до 39 $мм^{-1}$ при P = 12 Вт и v = 0.1 м/с максимальный ОСЛ-выход наблюдается при s = 20 $мм^{-1}$.

Таким образом, изменяя подводимую к поверхности детектора мощность лазерного ИК-излучения, скорость и плотность сканирования, можно варьировать толщину тонкого чувствительного слоя и добиться для него максимального ОСЛ-выхода при облучении в полях мягкого фотонного и бета-излучений, включая энергетические поддиапазоны, наиболее актуальные для кожной и глазной дозиметрии.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Экспертиза», № АААА-А19-119062590007-2) при частичной поддержке РФФИ (проект № 20-48-660045).

1. А. И. Сюрдо, А. В. Болдеш, М. И. Власов, И. И. Мильман. Оценка погрешностей измерения поглощенных доз кожными и глазными дозиметрами с отличающимися толщина активных и защитных слоев / А. И. Сюрдо // АНРИ. – 2014. – № 76. – С. 39-45.
2. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ 99/2009): Санитарные правила и нормативы. – М.: Роспотребнадзор, 2009 г., 100 с.

3. Пат. 2697661 Российская Федерация, МПК A61N 5/10, G01T 1/10. Способ получения тонкослойных детекторов ионизирующих излучений для кожной и глазной дозиметрии, использующий стандартный детектор Al2O3:C на базе анион-дефектного корунда: патент на изобретение / Сарычев М. Н., Мильман И. И., Сюрдо А. И., Абашев Р. М.; патентообладатели Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина и Институт промышленной экологии Уральского отделения Российской академии наук. – № 2018113951; заявл. 16.04.2018; опубл. 16.08.2019, Бюл. № 23. – 20 с.

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПИСАНИЕ ТЕКСТУРЫ ПО ОБРАТНЫМ ПОЛЮСНЫМ ФИГУРАМ

Воронцов М.А.[1], Берестова С.А.[1], Серков К.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: s.a.berestova@urfu.ru

A QUANTITATIVE DESCRIPTION FOR CRYSTALLOGRAPHY TEXTURE OUT OF THE INVERSE POLE FIGURES

Vorontsov M.A.[1], Berestova S.A.[1], Serkov K.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Texture is described using integral characteristics. Information about the distribution of the crystallographic axes is read from the reverse pole figures. The image processing is carried out with varying accuracy. The effectiveness of the proposed method for the quantitative description is shown.

Преимущественная ориентация кристаллографических осей (текстура) определяет анизотропию упругих и пластических свойств поликристаллических материалов. Для описания кристаллографической текстуры используют различные подходы [1-3]. В работе предлагается описывать количественно текстуру с помощью интегральных характеристик – ориентационных факторов. Информация о распределении кристаллографических осей в поликристаллическом образце берется из обратных полюсных фигур. Обратной полюсной фигурой называют изображение полюсных плотностей для некоторого кристаллографического направления в образце на стандартном треугольнике стереографической проекции. Плотность на обратной полюсной фигуре показывает вероятность совпадения заданного направления в образце с определенными кристаллографическими направлениями. Обратная полюсная фигура дает возможность количественно определить доли разных компонент текстуры, а также оценить их рассеяние. Проведена обработка изображений обратных полюсных фигур с различной точ-

ностью. Также проведен расчет ориентационных факторов при выборе определенного набора ориентаций с наиболее высокими плотностями. Получена количественная информация о текстуре поликристаллического образца, позволяющая рассчитать ориентационные факторы. Рассчитанные ориентационные факторы были использованы при вычислении эффективных свойств поликристаллического образца и сравнивались с результатами расчетов независимых исследователей. Результаты численного эксперимента позволяют сделать вывод об адекватности предлагаемого метода количественного описания текстуры.

1. Лобанов М. Л. , Юровских А. С., Кардонина Н. И., Русаков Г. М. Методы исследования текстур в материалах. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, (2014).
2. Остапович К.В., Трусов П.В. Вычислительная механика сплошных сред, т. 12, № 1, с. 67-79 (2019).
3. Мокрова С.М., Петров Р.П., Милич В.Н. Вестник Удмуртского ун-та. Мат. Мех. Компьютерные науки, т. 26, № 3, с. 336-344 (2016).

ТЕРМОДИНАМИКА РАЗУПОРЯДОЧЕНИЯ $YBaCo_2O_{6-\Delta}$

Яговитин Р.Е.[1], Иванов И.Л.[1], Зуев А.Ю.[1], Цветков Д.С.[1], Малышкин Д.А.[1], Середа В.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

E-mail: roman.iagovitin@gmail.com

THERMODYNAMICS OF DISORDERING OF $YBaCo_2O_{6-\Delta}$

Yagovitin R.E.[1], Ivanov I.L.[1], Zuev A.Yu.[1], Tsvetkov D.S.[1], Malyshkin D.A.[1], Sereda V.V.[1]

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

Values of oxygen nonstoichiometry δ of $YBaCo_2O_{6-\delta}$ were determined at temperature range T = 300 ÷ 500 ^{0}C and partial oxygen pressure range lg(pO_2 / atm) = -0.63 ÷ -2.13. Defect structure model of $YBaCo_2O_{6-\delta}$ was made and values of thermodynamic functions of quasichemical processes were determined.

Сложные оксиды со структурой двойного перовскита $LnBaCo_2O_{6-\delta}$, где Ln – редкоземельный элемент, являются перспективными материалами для создания кислородпроницаемых мембран и катодов твердооксидных топливных элементов. Физико-химические свойства данных оксидов во многом определяются содержанием в них кислорода, которое, в свою очередь, зависит от температуры T и парциального давления кислорода в атмосфере pO_2. В настоящей работе было изучено влияние указанных факторов на содержание кислорода в $YBaCo_2O_{6-\delta}$.

Образец сложного оксида был получен по стандартной керамической технологии. Фазовый состав полученного образца был изучен методом рентгенофазового анализа. Содержание кислорода в оксиде при различных условиях было определено с помощью метода термогравиметрического анализа и метода проточного реактора, который впервые был предложен Немудрым с соавторами [1]. Термогравиметрические измерения проводились с использованием термовесов DynTHERM LP-ST (Rubotherm, Германия). Для изучения кислородной нестехиометрии сложного оксида методом проточного реактора была сконструирована установка, ключевым элементом которой является трубчатый кварцевый реактор, помещенный в печь и соединенный с системой подачи газа, датчиком парциального давления кислорода и пенным расходомером. Образец оксида помещали в реактор, нагревали до заданной температуры и обдували потоком воздуха. После установления состояния равновесия в реакторе поток воздуха резко заменяли на поток смеси воздуха и азота с остаточным $pO_2 = 10^{-4}$ атм и дожидались установления состояния равновесия в системе. Кривые релаксации парциального давления кислорода в системе использовали для расчетов изменения кислородной нестехиометрии оксида. По результатам серии экспериментов была получена зависимость вида $\delta = f(T, pO_2)$.

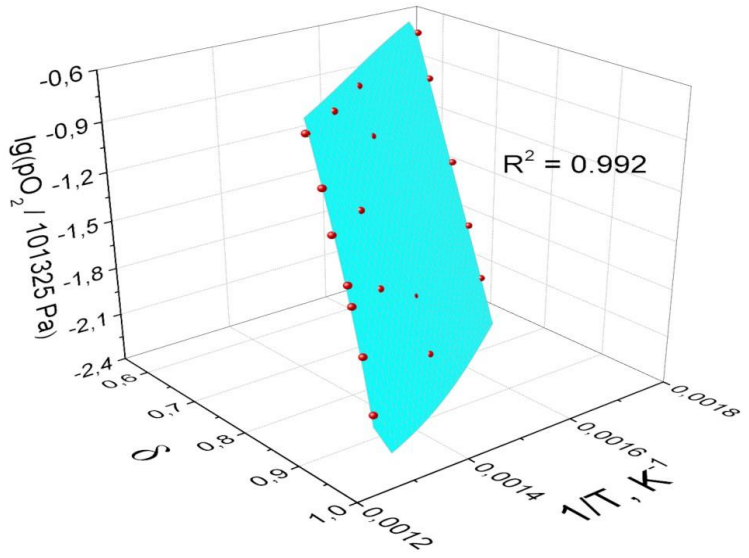


Рис. 1. Результаты верификации модели дефектной структуры, предложенной для $YBaCo_2O_{6-\delta}$.

Кислородный обмен оксида с атмосферой был рассмотрен с позиции квазихимического подхода к описанию процессов дефектообразования. В основу модели кислородного обмена положены квазихимические реакции выделения кислорода из решетки оксида, диспропорционирования Co^{3+} и образования кластеров между атомами иттрия и вакансиями атомов кислорода. В результате верификации модели были определены значения термодинамических функций описанных квазихимических процессов. Высокое значение коэффициента детерминации свидетельствует о корректности предложенной модели. Также было проведено

сопоставление результатов моделирования, приведенных в настоящей работе и работе [2].

1. Немудрый А.П., Старков И.А., Бычков С.Ф. Высокотемпературное определение кислородной нестехиометрии в оксидах с ион-электронной проводимостью // Неорганические материалы, 2013, т. 49, №8, с. 899 – 903.
2. Седнев-Луговец А.Л. Термодинамическая устойчивость и физико-химические свойства двойных перовскитов YBaCo2O6-δ и HoBaCo2O6-δ: дис. канд. хим. наук. – Екатеринбург., 2020. – 108 с.

ПРИЧИНЫ ПОВЫШЕННОГО РАЗБРОСА МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕАКТОРНОГО ИЗДЕЛИЯ ИЗ СПЛАВА Zr-2,5% Nb

Ярков В.Ю.[1, 2], Аверин С.А.[2], Пастухов В.И.[2], Устинов А.Е.[1, 2], Цыгвинцев В.А.[2], Вельмогин Д.Н.[2], Лобанов М.Л.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт реакторных материалов, г. Заречный, Россия
E-mail: valick99@gmail.com

REASONS FOR THE INCREASED DISPERSION IN THE MECHANICAL CHARACTERISTIC OF THE REACTOR PRODUCT MADE FROM Zr-2,5% Nb

Yarkov V.Yu.[1, 2], Averin S.A.[2], Pastukhov V.I.[2], Ustinov A.E.[1, 2], Tsygvintsev V.A.[2], Velmogin D.N.[2], Lobanov M.L.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of reactor materials, Zarechny, Russia

Methods of electronic microscopy, tensile testing, X-ray analysis on samples of a product made of Zr-2.5% Nb have been used to determine the reasons for properties dispersion of structural behavior during tensile testing. The process of sample preparation before testing is optimized.

Необходимой частью процедур, обеспечивающих длительную и бесперебойную эксплуатацию различного рода функциональных изделий и элементов конструкций ядерных реакторов, являются периодические испытания для определения механических свойств. Важными изделиями для обеспечения безопасной работы уран-графитовых реакторов атомных станций – трубы из сплава Zr-2,5% Nb. При проведении периодического контроля по механическим свойствам подобных изделий, осуществляемого в соответствие с нормативной документацией, нередко наблюдается повышенный разброс кратковременных механических свойств.

Данная работа посвящена установлению причин разброса механических свойств изделий из сплава Zr-2,5% Nb.

Объектом исследований являлись образцы типа двойная лопатка толщиной 1 мм, вырезанные из трубного изделия после 38 лет эксплуатации в уран-графитовом реакторе, на внутрикамерном фрезерном станке с алмазным кругом и водяным охлаждением.

Исследования проводились на растровом электронном микроскопе TESCANMira 3. Рентгеноструктурный анализ осуществлялся на дифрактометре D2PHASER. Механические испытания производились на внутрикамерной разрывной машине «Гамма».

Фрактографические исследования образцов после механических испытаний установили, что поверхность образцов покрыта хрупкими трещинами (рисунок 1). Рентгенографический анализ показал наличие упрочненного поверхностного слоя, который образуется при резке алмазным кругом. По результатам химического стравливания установлено, что глубина наклепанного слоя составляет 0,06-0,08 мм, что составляет 12-16 % от толщины образца.

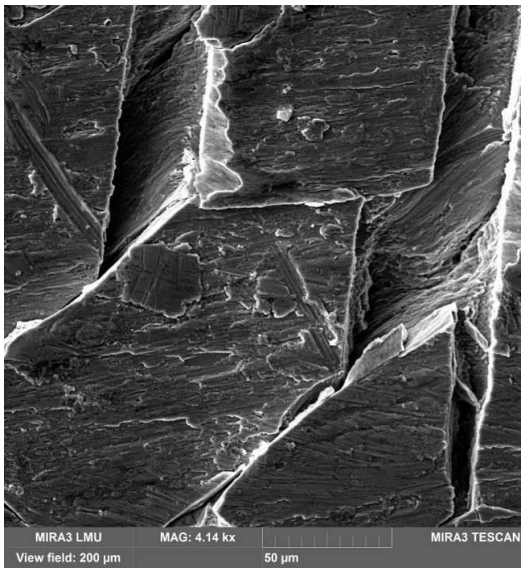


Рис. 1. Хрупкие трещины на поверхности образца после кратковременных механических испытаний

Проведенные сравнительные механические испытания показали, что образцы с удаленным наклепанным слоем имеют в разы меньше разброс значений прочностных свойств. Влияния на пластичность не наблюдается.

Наклепанный слой, с одной стороны, приводит к упрочнению и повышению значений прочности. С другой стороны, в нем образуются трещины, уменьшающие живое сечение образца, что приводит при расчете на исходную толщину к понижению прочностных свойств [1].

Таким образом, показано, что причиной повышенного разброса результатов кратковременных механических свойств образцов, вырезанных из реальных изделий, является наличие поверхностного наклепанного слоя. Предложен метод пробоподготовки, устраняющий влияние наклепанного слоя.

Благодарность выражается Евсееву М.В. за помощь в проведении исследований и обсуждении результатов.

1. Штремель М. А. Разрушение. Книга 1. Разрушение материала. М: МИСиС (2014)

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ZrO_2- 7МАСС.% Y_2O_3, СИНТЕЗИРОВАННОГО ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ОСАЖДЕНИЯ

Закиров И.Ф.[1], Валинурова А.Ф.[1], Шак А.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: zif-89@mail.ru

PREPARATION OF A COMPOSITE MATERIAL BASED ON ZrO_2-7MASS% Y_2O_3 SYNTHESIZED UNDER VARIOUS DEPOSITION CONDITIONS

Zakirov I.F.[1], Valinurova A.F.[1], Shak A.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The synthesis of powders of the ZrO_2-7 wt% Y_2O_3 system under various deposition conditions is considered, a composite material is obtained, and its properties are studied.

Для защиты узлов и агрегатов от перегрева в ракетостроении и авиации, используют теплозащитные покрытия, которые обладают низкой теплопроводностью, хорошо противостоят циклическим воздействиям высоких температур, не поддаются эрозии и коррозии. Таким требованиям отвечают покрытия из диоксида циркония [1]. Нами исследовано влияние условий синтеза порошка ZrO_2-Y_2O_3 на свойства, получаемого на его основе композиционного материала.

Исходным сырьем служил оксикарбонат циркония, который растворяли в азотной кислоте. Для стабилизации тетрагональной фазы ZrO_2 использовали Y_2O_3. Далее растворы соосаждали аммиаком и карбамидом, получали гидроксид, который сушили и обжигали. Использование отличающихся осадителей позволяет получать порошки с различными характеристиками [2].

Оба осадителя приводят к получению частиц неправильной формы. У «аммиачных» порошков единичные частицы и агрегаты меньше, чем у «карбамидных». Распределение частиц по размеру свидетельствует о том, что максимальный размер частиц для всех порошков находится приблизительно в одном диапазоне 20-

50 мкм. Частицы порошков, полученных при осаждении аммиаком, имеют более широкий дисперсный состав.

Результаты измерения удельной поверхности показывают влияние гидротермальной обработки и осадителя на свойства конечного порошка. В случае аммиачных образцов применение ГТО приводит к увеличению удельной поверхности, то есть к повышению ее активности. Они способны спекаться при температуре ниже, чем образцы без ГТО. Карбамидные же порошки имеют слабо развитую поверхность, а ГТО ухудшает ее свойства и повышает температуру спекания порошков.

Для установления пригодности порошков для синтеза теплозащитного покрытия, путем шликерного литья были изготовлены образцы композиционного материала в виде таблеток, армированного керамическими волокнами. Образцы из карбамидного порошка не спекаются при температуре 1200°С, а из аммиачного спеклись полностью.

Далее для исследования свойств, покрытие из композита матрицей которого является ZrO_2, полученный при соосаждении аммиаком с ГТО, был нанесен на специально подготовленную стальную подложку [3]. На рисунке 1 представлен срез такого покрытия.



Рис. 1. Армированная подложка из нержавеющей стали с керамическим покрытием

Испытания прочности на отрыв показали, что происходит когезионный отрыв по телу керамики, свидетельствующий о хорошем сцеплении покрытия с металлом.

По результатам работы, можно сделать вывод, что для получения порошка, пригодного для керамического теплозащитного покрытия, наиболее подходящие условия осаждения - применение аммиака с последующей гидротермальной об-

работкой. Полученный порошок может быть применен для синтеза композиционного толстослойного теплозащитного покрытия из керамики шликерным литьем.

1. Батаев А.А., Батаев В.А. Композиционные материалы: строение, получение, применение: Учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 384 с.
2. Прохоров И.Ю. Цирконийоксидные материалы из соосажденных порошков // Огнеупоры и техническая керамика, 1997. №12. С. 6.
3. Закиров И.Ф., Обабков Н.В., Юрин Д.В. Способ получения толстослойного керамического теплозащитного покрытия на металлической подложке. Патент RU 2 689 588 Опубликовано в БИ № 16 от 28.05.2019.

АПРОБАЦИЯ МЕТОДА СОВМЕСТНОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ (JPD-МЕТОДИКА) ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОНЕОДНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Замятин Д.А.[1, 2], Давлетшина А.А.[1]

[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: dzamyatin85@gmail.com

THE APPROBATION OF JOINT ANALYSIS OF IMAGES (JPD-METHOD) TO STUDY THE MICRO-INHOMOGENEOUS MATERIALS

Zamyatin D.A.[1, 2], Davletshina A.A.[1]

[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

The study is devoted to approbation of the quantitative joint images analysis (JPD) for studying the micro-inhomogeneous minerals (zircon, diamond) and materials (active optical fibers, heterostructures) in order to deeper understand features of the texture, physical and chemical properties

Внутреннее строение минералов и синтетических материалов является важнейшей характеристикой, несущей информацию об условиях кристаллизации, сырьевом качестве и технологических характеристиках. В изображениях и картах (электронных, оптических, элементных, изотопных, люминесцентных и др.) микронеоднородных материалов ценной является не только информация о его внутреннем строении, но и взаимосвязь характеристик изображений и/или карт.

Кроме того, преимущество комплекса изображений (карт) по сравнению с точечными определениями состоит в большой статистике данных. Авторами [1, 2] реализован JPD-метод [3] количественного совместного анализа нескольких изображений одного объекта (рис. 1а, б), основанный на построении многомерных гистограмм и их кластеризации (рис. 1в, г), применительно к исследованию внутреннего строения минералов и материалов. Актуально дальнейшее развитие JPD-анализа и его апробация на различных микронеоднородных материалах с целью определения областей эффективного приложения и повышения извлекаемости информации об особенностях строения и корреляционных взаимосвязях физико-химических свойств материалов.

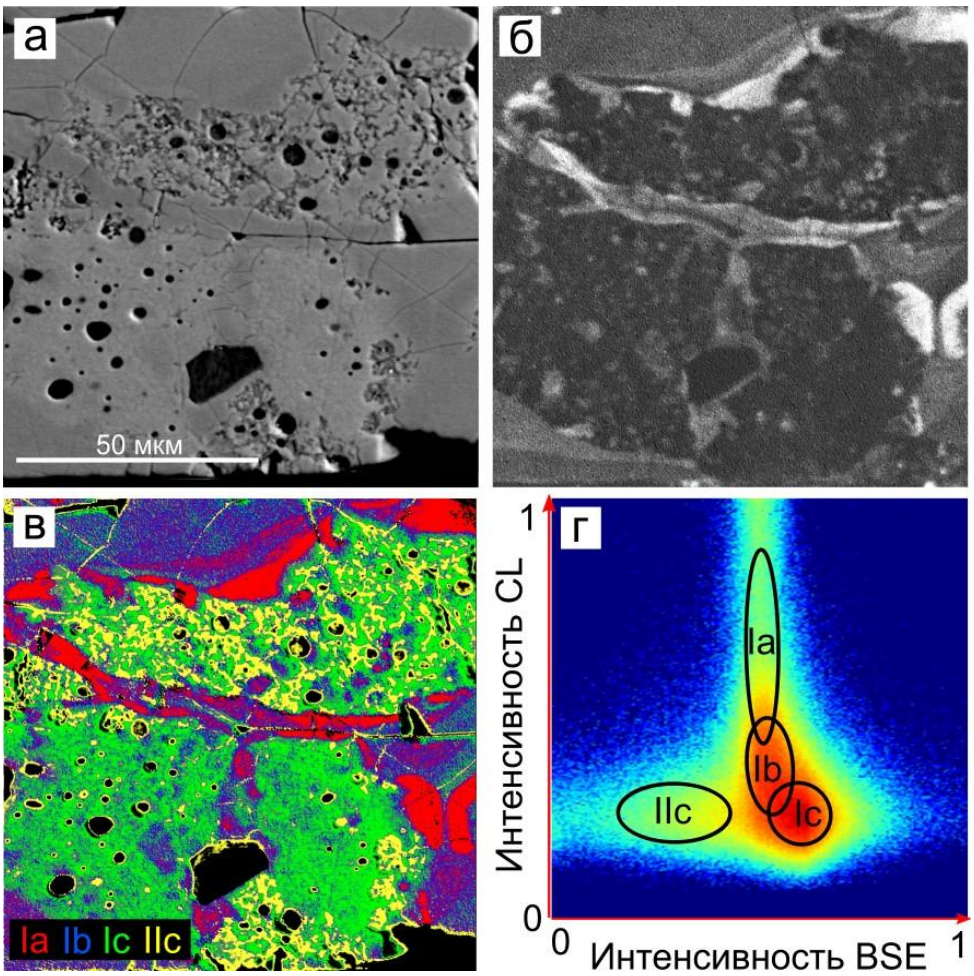


Рис. 1. Фрагмент зерна циркона К1098 (Мугоджары, Южный Урал): BSE- (а), CL- (б) изображение, JPD-гистограмма (в), JPD-карта зональности (г)

Изображения SE, BSE и CL регистрировались на СЭМ Jeol JSM-6390LV. Гиперкартирование с возможностью построения площадного распределения параметров спектров катодолюминесценции осуществлялось на СЭМ с использованием приставки Horiba H-CLUE iHR500. Гиперкарты спектров КР и ФЛ получены на спектрометре LabRAM HR800 Evo. Концентрационные элементные карты – на электронно-зондовом микроанализаторе Cameca SX100. Оптимизиро-

ваны условия регистрации изображений (карт), сформулированы принципы выбора участка образца. Расширены алгоритмы совмещения изображений, корреляционного анализа точек JPD-гистограммы, расчета характеристик выделенных зон JPD-карты, реализована процедура автоматической кластеризации, построения многомерных JPD-гистограмм.

JPD-метод применен для выявления корреляционных взаимосвязей характеристик изображений (зональность, цвет, интегральная интенсивность, положение и ширины спектральных линий, резкость границы и др.) с физико-химическими свойствами материалов (строение, химический состав, пространственная группа и ориентация кристаллической решетки, пористость, метамиктность и др.). Подход использован для классификации цирконов, анализа люминесцентных свойств алмазов, характера распределения примесей в оптически активных волоконных световодах, строения гетероструктур, оценки однородности кристаллов синтетических порошков и др. Проведен обобщающий анализ возможностей и границ применимости JPD-методики, обозначены наиболее перспективные области внедрения.

Работа выполнена в ЦКП УрО РАН «Геоаналитик» при финансовой поддержке гранта РНФ № №19-77-00074. Авторы благодарны Киселеву П.Г. за обсуждение и реализацию JPD-метода в программном коде.

1. Замятин Д.А., Вотяков С.Л., Щапова Ю.В. Доклады Академии Наук, 485, 479-483 (2019)
2. Zamyatin D.A. AIP Conference Proceedings, 2313, 060019 (2020)
3. Hajnal J. V., Hill D. L. G., Hawkes D. J. Medical Image Registration, CRC Press (2001)

ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПОМОЩИ ХИМИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНООБЪЕКТОВ

Зелянина Е.А.[1], Капустин С.Н.[1], Сидоров Д.Б.[1]

[1)] Северный Арктический федеральный университет им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

E-mail: ket.zel@yandex.ru

MEASURING THE CONCENTRATION OF SUBSTANCES USING CHEMICAL SENSORS FROM CARBON NANO OBJECTS

Zelyanina E.A.[1], Kapustin S.N.[1], Sidorov D.B.[1]

[1)] Northern Arctic Federal University, Arkhangelsk, Russia

It is known that the resistance of semiconductor-type carbon nanoobjects strongly depends on the substance surrounding them. The effect of ethanol and hexane vapor sorbed from the atmosphere on the conductivity of percolation networks made of carbon nanotubes of various markings has been studied.

Традиционные химические датчики на основе полупроводниковых материалов широко используются в современной технике и позволяют с высокой точностью и хорошей повторяемостью определять малые концентрации различных химических агентов [1].

Одними из наиболее многообещающих кандидатов на роль заменителя оксидов металлов являются углеродные нанотрубки (УНТ), которые, помимо высокой чувствительности (в чистом виде) к отдельным газам, демонстрируют хорошую механическую прочность и возможность модификации различными химическими группами и биомолекулами, что позволяет значительно расширить номенклатуру детектируемых веществ [2]. Пленка из нанотрубок может быть представлена как сеть эффективных резисторов, состоящих из сопротивлений отдельных УНТ, сопротивления узлов и туннельных переходов между соседними нанотрубками [3]. Методы синтеза сенсоров на основе МУНТ описан в работах [4,5].

Модификация УНТ функциональными группами, металлическими наночастицами, оксидами и полимерами изменяет электронные свойства нанотрубок и повышает селективность и ответ на конкретные газы. Примеры различных модификаций УНТ функциональными группами описаны в работе [2].

В работе изучались химические сенсоры из углеродных нанообъектов, нанесенные при помощи аэрографа на подложку из ПВХ размером 2 на 7 см. Использовались углеродные нанотрубки марок Таунит, Таунит-М. Датчики помещались в герметичный сосуд с насыщенными парами гексана, этилового спирта. Измерялась зависимость сопротивления датчика от насыщения парами в закрытом сосуде. Датчик находился в сосуде 15 минут, после извлекался. В результате чего была получена зависимость насыщения датчика, а также зависимость того,

насколько быстро молекулы пара покидают поверхность датчика. Полученные зависимости представлены на рисунке 1.

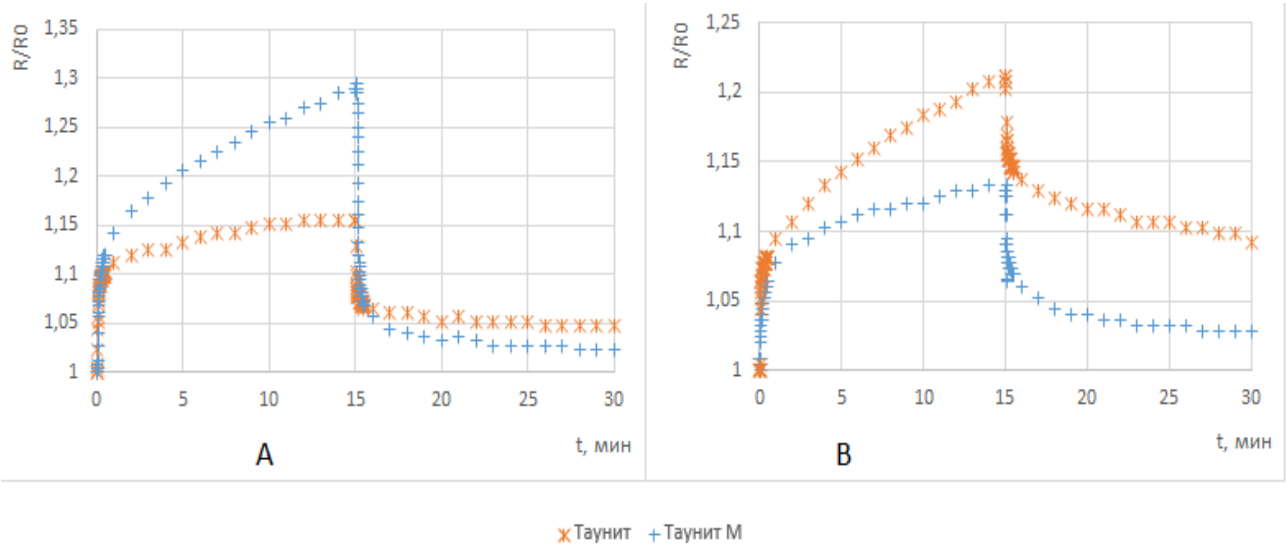


Рис.1. Зависимости сопротивления образцов (вертикальная ось) от времени (горизонтальная ось) нахождения образцов в насыщенных парах: А – этиловый спирт, В – гексан.

Датчик из УНТ марки Таунит М чувствителен к парам спирта, при этом убывание концентрации паров спирта с поверхности датчика происходит быстрее, чем в других испытаниях. Хорошую реакцию на гексан проявляет датчик из УНТ марки Таунит, но он показывает худшие результаты при убывании паров с его поверхности.

Из полученных данных можно сделать вывод, что для изменения проводимости наночастица должна быть покрыта осевшим веществом практический полностью (то есть сорбированная молекула, как и донорско-акцепторная примесь в кристалле имеют ограниченный радиус влияния на зонную структуру). Это предположение позволяет объяснить, что по мере проникания паров вглубь структуры покрытия датчика, сопротивление продолжает расти. Вероятнее всего, после того, как все наночастицы окажутся покрыты веществом, сопротивление перестанет увеличиваться.

Планируется: провести испытания реакции датчиков из УНТ марки Таунит МД, нанолуковиц OLC и модифицированных функциональными группами МУНТ; в качестве регистрируемых веществ также использовать пары ацетона и воды; рассмотреть зависимости сопротивления датчика не только от времени насыщения, но и от концентрации паров в воздухе.

1. Егоров А. А. Химические сенсоры: Классификация, принципы работы, области применения / М. А. Егоров, Ю. И. Царева // Физико-химическая кинетика в газовой динамике, 2008, 1, 14-31.
2. Запороцкова, И. В. Сенсорные свойства углеродных нанотрубок [Электронный ресурс] / И. В. Запороцкова, Н. П. Борознина, Ю. Н. Пархоменко, Л. В. Кожитов

// Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. – 2017. - DOI: 10.17073/1609-3577-2017-1-5-21.
3. Valentini L., Cantalini C., Armentano I., Kenny J. M., Lozzi L., Santucci S. Highly sensitive and selective sensors based on carbon nanotubes thin films for molecular detection. Diamond and Related Materials, 2004, vol. 13, no. 4–8, pp. 1301—1305. DOI: 10.1016/j.diamond.2003.11.011
4. Varghese O. K., Kichambre P. D., Gong D., Ong K. G., Dickey E. C., Grimes C. A. Gas sensing characteristics of multi− wall carbon nanotubes // Sens. Actuators B: Chem. 2001. V. 81, N 1. P. 32—41. DOI: 10.1016/S0925-4005(01)00923-6
5. Nguyen L. H., Phi T. V., Phan P. Q., Vu H. N., Nguyen− Duc C., Fossard F. Synthesis of multi−walled carbon nanotubes for NH3 gas detection // Physica E. 2007. V. 37, N 1−2. P. 54—57. DOI: 10.1016/j.physe.2006.12.006

COMPOSITES BASED ON SOLID SULFIDES SOLUTIONS OF CADMIUM AND ZINC AND TITANIUM DIOXIDE FOR THE PHOTOCATALYTIC HYDROGEN EVOLUTION UNDER VISIBLE LIGHT

Zhurenok A.V.[1], Cherepanova S.V.[1, 2], Kozlova E.A.[1, 2]

[1)] Boreskov Institute of Catalysis, Novosibirsk, Russia
[2)] Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia
E-mail: angelinazhurenok@gmail.com

Photocatalysts based on composite materials were synthesized for hydrogen evolution under visible light. The most active sample was a composite containing 20 wt. % solid sulfides solutions of Cd and Zn, titanium dioxide and 1 wt. % Pt between these two semiconductors.

One of the most urgent areas of sustainable energy development is the development of solar energy. Photocatalytic water splitting under visible light irradiation is a promising way to convert solar energy into chemical bond energy [1]. The main factor constraining the development of this process is the absence of active photocatalysts working in visible light. TiO_2 has been used as a photocatalyst for a long time, and has such advantages as good stability, high activity and low cost. But despite all these advantages, TiO_2 has one significant disadvantage, such as activation only under UV. As known, visible light makes up 43% of the solar spectrum, and UV only 8%. Therefore, the aim of this work was to create composite systems with semiconductor 1/semiconductor 2 heterojunctions based on TiO_2 and solid sulfides solutions of Cd and Zn, which have already proven themselves as photocatalysts showing high hydrogen evolution rates in visible light [2].

Two schemes for the synthesis of photocatalysts based on $Cd_{1-x}Zn_xS/TiO_2$ P25 have been proposed. To prepare $Cd_{0.7}Zn_{0.3}S/TiO_2$ P25 and $Cd_{0.8}Zn_{0.2}S/TiO_2$ P25 samples with a certain percentage of $Cd_{1-x}Zn_xS$ (10, 20, and 50%), the required amount of according compounds was added to the TiO_2 P25 suspension (Scheme 1) or 1% Pt/TiO_2

P25 (Scheme 2). Pt (1 wt. %) was deposited on TiO_2 (for preparing composites according Scheme 2) or $Cd_{1-x}Zn_xS/TiO_2$ (for preparing composites according Scheme 1) by impregnation with H_2PtCl_6 followed by reduction with a 2.5-fold excess of $NaBH_4$.

The photocatalytic hydrogen evolution rate was measured from aqueous solutions of 0.1 M NaOH + 10 vol. % TEOA. In the case of composites without Pt, the hydrogen evolution rate does not exceed 0.4 μmol min^{-1}. Composites prepared according to Scheme 2 were more active than composites without Pt and composites synthesized according Scheme 1. The most active sample was 20% $Cd_{0.8}Zn_{0.2}S$/1%Pt/TiO_2 P25 with hydrogen evolution rate equal 3.2 μmol min^{-1} (catalytic activity equal 3850 μmol g_{cat}^{-1} h^{-1}) with apparent quantum efficiency at a wavelength of 450 nm equal to 9.2%. The results of the study of activity are presented in Figure 1.

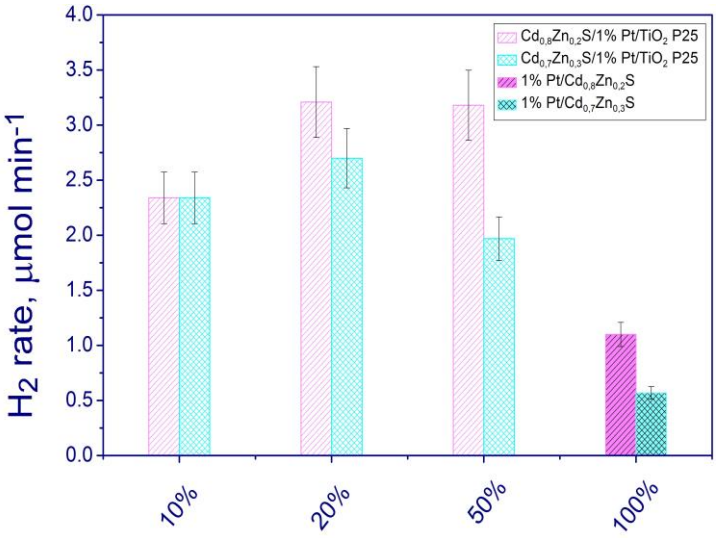


Рис. 1. Activity of photocatalysts (Scheme 2) in hydrogen evolution from aqueous solutions (10 vol. % TEOA + 0.1 M NaOH) under visible light irradiation with wavelength 450 nm

The formation of heterojunctions according to Scheme 2 in which platinum was located between two semiconductors is more efficient than in the case of Scheme 1. It should be noted that the activity of 20% $Cd_{0.8}Zn_{0.2}S$/1% Pt/TiO_2 P25 photocatalyst was 1.3 times higher than sample with the same content of $Cd_{0.8}Zn_{0.2}S$ synthesized according 1 Scheme and 27 times higher than the same composite without containing Pt.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grant 20-30-70086.

1. E.A. Kozlova, V.N. Parmon, Russ. Chem. Rev 86, № 11, 870–906 (2017).
2. E.A. Kozlova, V.N. Parmon, Advanced Nanomaterials for Catalysis and Energy. Synthesis, Characterization and Applications, Elsevier, 357–391 (2019).

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕКСТУРЫ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ В МЕДНОЙ КАПИЛЛЯРНОЙ ТРУБКЕ

Зорина М. А.[1], Абзалова А. А.[1], Карабаналов М. С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: m.a.zorina@urfu.ru

FORMATION OF RECRYSTALLIZATION TEXTURE IN A COPPER CAPILLARY TUBE

Zorina M. A.[1], Abzalova A. A.[1], Karabanalov M. S.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

The texture state of copper capillary tube after cold drawing and annealing was studied by orientation microscopy. It is shown that in the process of recrystallization a texture is formed, the components of which are related with deformation ones by rotation about an axis <110> at angles of 50°-70°.

Медные капиллярные трубы применяются для изготовления измерительных приборов, испарителей холодильных установок, и в электронных устройствах из-за их превосходной пластичности и высокой теплопроводности. Толстостенные капиллярные трубки отличает малый наружный диаметр (не более 2,5 мм), что приводит к высоким энергетическим затратам и большой цикличности производства, т.к. в качестве исходных заготовок применяются слитки больших размеров. Наличие текстуры в материалах вносит анизотропию в их свойства. Кристаллографическая текстура является важным микроструктурным параметром, который напрямую определяет степень анизотропии большинства физико-механических свойств материалов на макроуровне.

Цель – данная работа посвящена установлению кристаллографических ориентационных соотношений между деформированными и рекристаллизованными зернами в медной капиллярной трубке.

Материалом для исследования послужила теплотехническая медь марки М1р. При холодном волочении заготовки на самоустанавливающихся оправках для получения трубки наружным диаметром 2,10 мм и внутренним 0,8 мм коэффициент вытяжки составил 174, степень деформации 5,16. После образцы капиллярной трубки подвергли отжигу в вакуумной печи при температуре 500 °С в течение 5,5 часов.

Текстурное состояние трубки после деформации представлено сильными ориентациями (101)[010] и (101)[11-1], слабой (101)[-111] и слабой (112)[11-1]. Схема деформации при волочении трубы отлична от схемы деформации при волочении проволоки. Обычно считается, что текстура деформации трубки близка к текстуре листовой прокатки [1-4]. Текстурное состояние, описываемое в данной работе, согласуется с данными, полученными в [5].

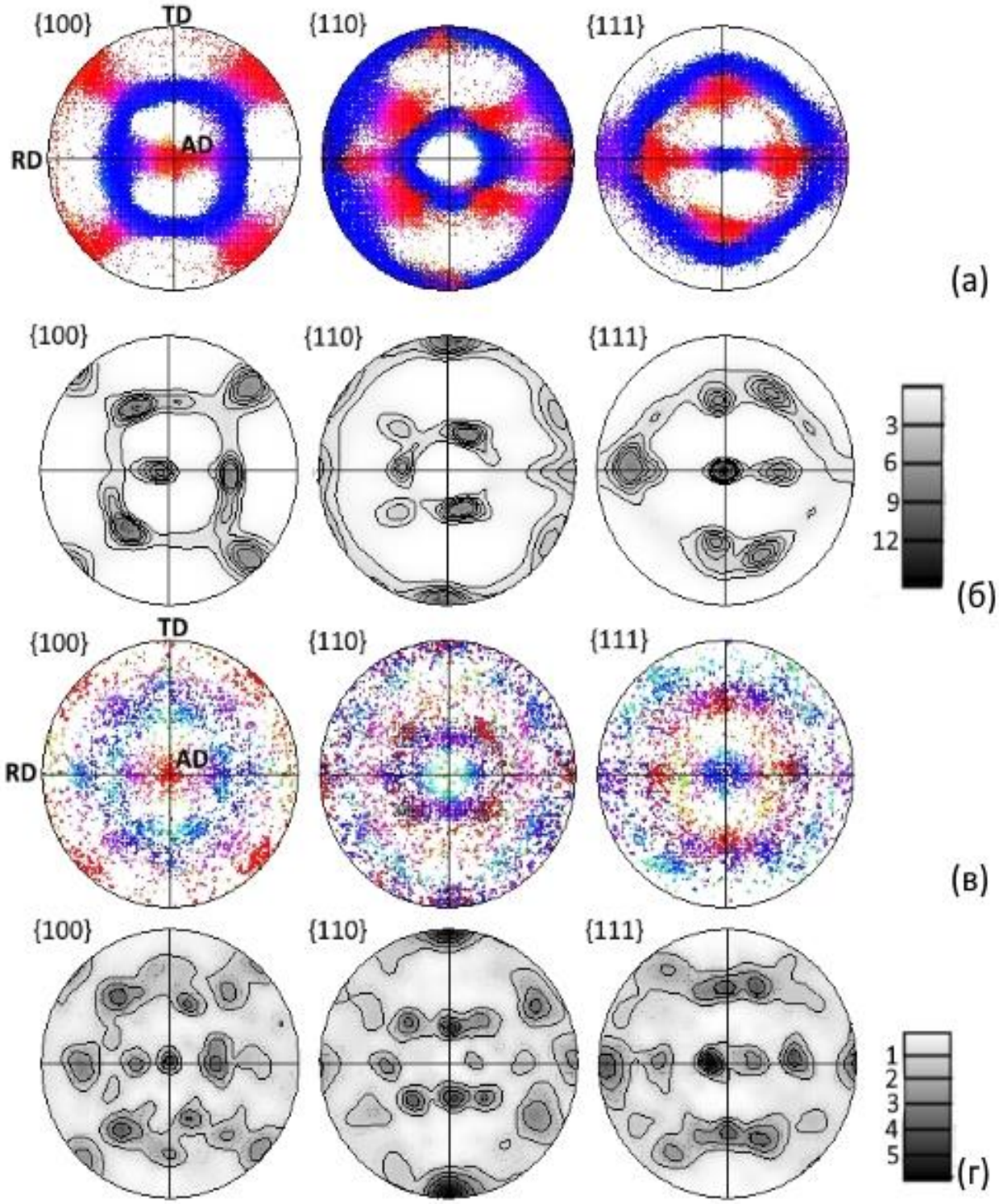


Рис. 1. Текстура поперечного сечения капиллярной трубки в виде ППФ после деформации (а, б) и отжига (в, г) в виде выходов полюсов (а, в) и в виде полюсной плотности (б, г)

При рекристаллизации основными текстурными ориентациями являются: довольно сильные (101)[010] и (101)[12-1] и слабые (101)[21-2] и (114)[-2-21], последняя является двойниковой ориентацией к (101)[010]. Компонента (101)[12-1] имеет сильное рассеяние до ориентаций (101)[13-1] и (101)[23-2].

Кристаллографическим анализом было показано, что получаемый при рекристаллизации набор ориентаций есть результат роста тех ориентировок, которые находятся в разориентации к деформационным на углы 50°-70° вокруг оси близкой к <110>, и двойники к ним. Новое растущее рекристаллизованное зерно имеет с областью деформированной матрицы, в которую оно растет, разориентацию близкую к двойниковой (ось поворота близка к <110>, угол поворота 50-70°). При этом, ось поворота параллельна TD, повороты относительно других внешних координат маловероятны. Таким образом, вероятность возникновения ориентации рекристаллизации в пределах существовавшей стабильной ориентации деформации намного больше, что связано, по-видимому, с более энергетически выгодным разворотом.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации (проект МК-5882.2021.4).

1. Foadian F., Khani S., Carradó A., Brokmeier H. G., Palkowski H. Journal of Manufacturing Processes, V. 56, P. 258-270, (2020)
2. Cho J.-H., Park S.-J., Choi S.-H., Oh K.H. Material Science Forum, V. 408-412, P. 565-570 (2002)
3. Al-Hamdany N., Brokmeier H.-G., Salih M., Zhong Z., Schwebke B., Schell N., Gan W. Materials Characterization, V. 139, P. 125-133, (2018)
4. Carradò, A., Brokmeier, H.-G., Pirling, T., Wimpory, R.C., Schell, N. and Palkowski, H. Adv. Eng. Mater., V. 15, P. 469-475, (2013)
5. Wang SW., Chen Y., Song HW. et al. Int J Mater Form (2020)

ТВЕРДОФАЗНЫЙ СИНТЕЗ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ КЕРАМИК НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ АЛЮМИНИЯ, ИТТРИЯ И ТИТАНА

Фролов Е.И.[1, 2], Чуркин В.Ю.[1], Марков А.А.[3], Звонарев С.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия
[3)] Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: s.v.zvonarev@urfu.ru

SOLID PHASE SYNTHESIS OF LUMINESCENT CERAMICS BASED ON ALUMINUM, YTTRIUM AND TITANIUM OXIDES

Frolov E.I.[1, 2], Churkin V.Y.[1], Markov A.A.[3], Zvonarev S.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Samara State Technical University, Samara, Russia
[3)] Institute of Solid State Chemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia

Compounds $Al_5Y_3O_{12}$, $AlYO_3$, $Al_2Y_4O_9$ $Y_2Ti_2O_7$ were synthesized by the solid-phase method. According to X-ray phase analysis data the amount of the $Y_2Ti_2O_7$ phase exceeds 99% and for ceramics of aluminum and yttrium oxides, the main aluminate phase is considered in the range of 72.7-87.6%.

Получение люминофоров заданного фазового и элементного состава является сложной практической задачей. Особенно важно синтезировать однофазный материал с минимальным количеством примесей, которые не будут оказывать влияние на оптические свойства люминофора. Получение многофазных систем методом пропитки не позволило однозначно интерпретировать конкретные полосы импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) и пики на зависимостях термовысвечивания [1]. В этой связи целью данной работы является получение однофазных сложных оксидов на основе алюминия, иттрия и титана твердофазным методом.

В работе твердофазным методом с использованием TiO_2, Y_2O_3 и Al_2O_3 в качестве исходных реагентов синтезировали следующие соединения: $Al_5Y_3O_{12}$, $AlYO_3$, $Al_2Y_4O_9$ $Y_2Ti_2O_7$. По уравнению химической реакции было рассчитано необходимое количество исходных оксидов для получения каждого из исследуемых соединений. Так, для получения соединения $Al_5Y_3O_{12}$ смешивали оксид алюминия и иттрия исходя из химической реакции:

$5Al_2O_3 + 3Y_2O_3 \rightarrow 2Al_5Y_3O_{12}$

Смесь исходных порошков перетирали в агатовой ступке в течение 15 минут, а затем для лучшей гомогенизации добавляли 2 мл ацетона и перетирали дополнительно 15 минут до сухой консистенции. С целью получения сухой однородной смеси следующим этапом выполнена сушка при температуре 40°С в течение 30 минут для удаления остатков ацетона.

Полученные смеси порошков прессовали в форме таблеток методом холодного прессования при давлении 1500 кгс и массой для каждого соединения 300

мг. Диаметр полученных образцов равен – 10 мм, а высота варьировалась в диапазоне 1,5-2 мм. Компактированные образцы отжигали в высокотемпературной печи Linn High Therm HT-1800-M в атмосфере воздуха в течение 5 часов при следующих температурах: 1550 ^{0}C для соединения $Y_2Ti_2O_7$, 1600 ^{0}C для соединений $Al_5Y_3O_{12}$, $AlYO_3$, $Al_2Y_4O_9$.

Аттестация полученных соединений выполнена методом рентгенофазового анализа на дифрактометре X'Pert PRO MPD. Показано, что оксид $Al_5Y_3O_{12}$ синтезирован практически однофазным с небольшим количеством примеси не превышающим 0.7 %. Для смесей оксидов алюминия и иттрия получить однофазный материал не удалось. Количество основной фазы в таких соединениях варьировалось в диапазоне 72,7-87,6 %.

Для полученных керамических образцов измерили спектры ИКЛ и термолюминесценция и определили взаимосвязь полос и пиков люминесценции с фазовым составом материала. Провели оценку оптических свойств исследуемых образцов методом ИКЛ с помощью спектрометра «КЛАВИ» в диапазоне 350-750 нм. ТЛ образцов исследовали на экспериментальной установке при линейном нагреве от 300 до 720 К и скорости нагрева 2 К/с.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-72-10082).

1. S.V. Zvonarev, Nuclear Inst. and Methods in Physics Research B, 465, 42-46 (2020).

СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ Ni – In

Звягинцева А.В.[1], Самофалова А.С.[1, 2]

[1)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
[2)] Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия

E-mail: malinka.alya8@yandex.ru

STRUCTURAL AND MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF THE Ni – In SYSTEM

Zvyagintseva A.V.[1], Samofalova A.S.[1, 2]

[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia
[2)] Voronezh State University of Forestry and Technologies Named After G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Structural and morphological changes were implemented in the Ni-In electrochemical system for the formation of structural traps in the form of indium intermetallides. The concentration of $In_2(SO_4)_3$ in the electrolyte for the synthesis of electrochemically nickel-indium composites was selected.

Электрохимические синтезированные композиты Ni-In с содержанием индия менее 9 % масс. не склонны к накоплению водорода [1]. При концентрации индия более 10 % масс. происходит образование интерметаллических фаз, которые могут выступать структурными ловушками для атомов водорода, если фаза имеет некогерентное связывание с Ni матрицей через сетку дислокаций. Основная стратегия работы – изменение структуры электрохимических систем с целью формирования структурных и примесных ловушек для накопления водорода. В данной работе осуществлена реализация данного утверждения на системах не склонных к поглощению водорода.

Цель работы – синтез и исследование структурно-морфологических изменений в электрохимическом композите Ni-In, влияющих на способность накапливать и хранить водород.

Состав электролита подбирали по данным исследования структуры формируемого покрытия. Структура анализировалась на сканирующем зондовом микроскопе Solver P47. На рисунке представлены результаты на примере состава с содержанием в электролите $In_2(SO_4)_3$ = 8 г/л.

Из результатов исследования следует, что топология поверхности полученных пленок развитая, что связано с островковыми зародышами в начальные моменты времени. Напряженность электрического поля на выступающих участках - островками выше, чем над свободными участками от осадка катода. Рост катодной пленки в островковой части начинает опережать рост основной пленки, что приводит к возникновению развитой поверхности.

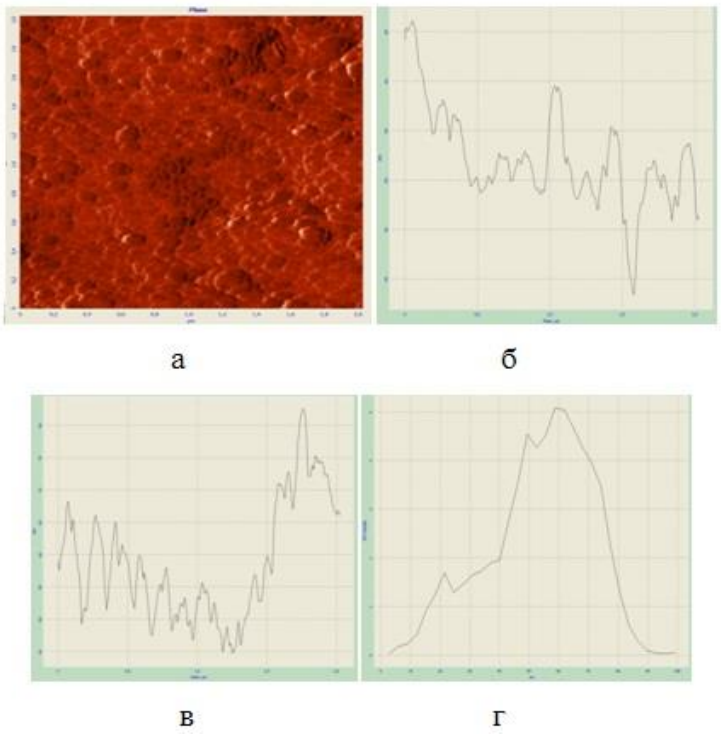


Рис. 1. а – изображение поверхности в виде фазового контраста; б – профилограмма поверхности по оси х; в – профилограмма поверхности по оси у; г – гистограмма распределения неровностей поверхности.

При отсутствии в электролите $In_2(SO_4)_3$, максимальный размер кристаллитов равен 130 нм. При введении $In_2(SO_4)_3$ в количестве 1, 2, 4, 8, 12 г/л размер составляет соответственно 105, 75, 70, 100, 170 нм.

Из изученных составов электролитов выбрана концентрация $In_2(SO_4)_3$ = 4 г/л. Дифрактометрически показано, что при данной концентрации индия в композите Ni–In формируются фазы интерметаллидов состава $InNi_2$, $InNi_3$, In_3Ni_2, η-$In_{27}Ni_{10}$ [2].

Таким образом, синтезирован электрохимический композит Ni-In с фазовым составом - Ni_70In_30, который обладает структурой, обеспечивающей удержание водорода с дальнейшим его допированием. Содержание водорода в экспериментальных образцах композита Ni_x-In_y-H_z, определенное методом термодесорбции, составляет 5,3 % масс, что подтверждает: гальванически полученный композит обладает способностью к накоплению водорода и дальнейшему сохранению его в форме металлических гидридов.

1. Hybrid functional materials forming the metal structure with optimal imperfectionfor storage of hydrogen in hydride form /A.V. Zvyagintseva // International journal of hydrogen energy. - ElsevierLimited. – 2020. – T. 45(46). – PP. 24991-25001
2. Zvyagintseva A.V., Samofalova A.S. Hydrogen Storage in Nickel Based Solid-State Materials/ AIP Conference Proceedings 2313// Innovations, PTI 2020;Volume 2313, 9 December 2020, Номер статьи 060020

ВЫРАЩИВАНИЕ ДОПИРОВАННЫХ БОРОМ НАНОТРУБОК ДИОКСИДА ТИТАНА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ВОДЫ

Зыков Ф.М.[1, 2], Юферов Ю.В.[1, 2], Попов И.Д.[2], Карташов В.В.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия
[2)] Институт Химии Твёрдого Тела УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: zykov.fm@yahoo.com

GROWING OF BORON DOPED TITANIA NANOTUBES FOR PHOTOELECTROCHEMICAL WATER SPILITTING PROCESS

Zykov F.M.[1, 2], Yuferov Y.V.[1, 2], Popov I.D.[2], 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 growing boron doped titanium dioxide. Boron was deposited into titanium dioxide by anodic oxidation. The properties of samples were measured by XRD, SEM, IPCE methods.

На сегодняшний день диоксид титана является одним из востребованных фотокатализаторов благодаря высокой фотокоррозионной устойчивости, каталитической активности и малой стоимости. Высокая каталитическая активность связана с относительно большим временем жизни фотогенерированных носителей заряда (~250 нс), однако применение TiO_2 в качестве фотокатализатора ограничивает его спектральная область поглощения ($\lambda < 380$ нм), что затрудняет использование видимого спектра света [1]. Для расширения диапазона поглощения фотонов света, диоксид титана допируют различными катионными и анионными добавками или проводят со-допирование, что приводит к смещению области поглощения фотонов света в видимую часть спектра. Допирование бором позволит расширить рабочий диапазон диоксида титана как фотокатализатора в видимой области спектра [2].

Большим количеством исследователей было рассмотрено множество электрохимических режимов и составов электролита для получения необходимых параметров матрицы нанотрубчатого диоксида титана [3]. Использование таких матриц, обладающих наноструктурными параметрами, позволяет расширить диапазон получаемых свойств материалов [4].

В данной работе допированный бором нанотрубчатый диоксид титана получен путем анодирования титана (99.7 %) в фторосодержащем электролите в среде этиленгликоля с H_2O 2.3 $\%_{об}$ и NH_4F 1.5 % с различным содержанием H_3BO_3 от 0.01 до 1М в условиях постоянного напряжения 30В. Далее образцы были обработаны при температуре 400°С в среде воздуха. Микрофотографии полученных образцов представлены на рисунке 1. Данный метод позволяет получить нанотрубчатое покрытие, состоящее из диоксида титана допированного бором.

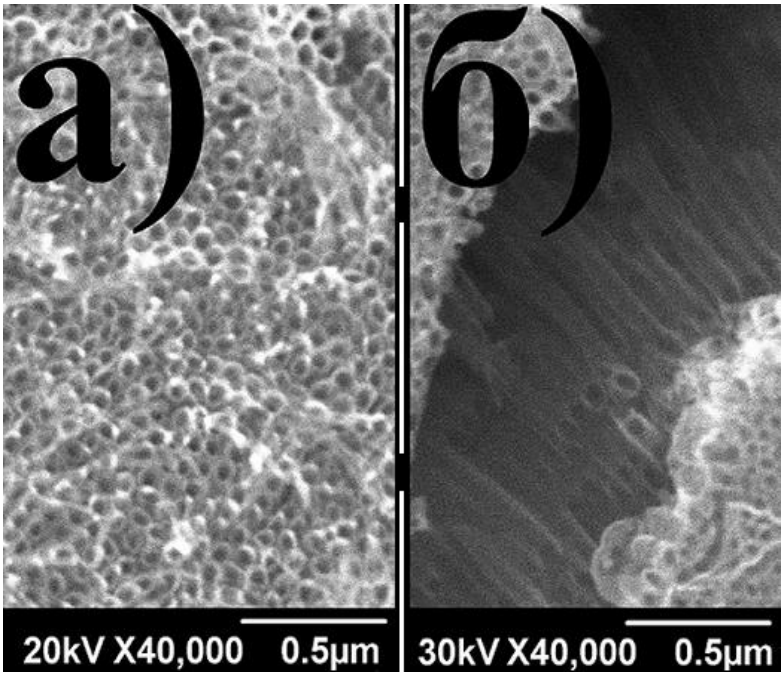


Рис. 1 – Образцы нанотрубчатого оксида титана полученного в а) органическом электролите с H_2O и NH_4F и б) с добавкой 0.1M H_3BO_3.

Полученные образцы исследованы методами рентгенофазового анализа, сканирующей электронной микроскопией и различным методами определения фотокаталитических свойств. Изменения в фотокаталитической активности образцов нанотрубчатого диоксида титана допированного бором в сравнении с недопированными образцами позволяют показать целесообразность применения такого допирования для производства прототипов устройств для окисления органических загрязнителей или разделения воды на водород и кислород, посредством процессов фотокаталитического разложения воды.

1. Etacheri, V., Di Valentin, C., Shneider, J., Bahremann, D., Pillai, S.C., Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews 25 1–29 (2015)
2. Quesada-Gonsalez, M., et. al., J. Phys. Chem. C, 122, 714−726 (2018)
3. Grimes C.A., Mor G.K. TiO2 nanotube arrays. Fabrication of TiO2 Nanotube Arrays by Electrochemical Anodization: Four Synthesis Generations. Springer, New York,(2009)
4. Finazzi E., Di Valentin C., Pacchioni G., J. Phys. Chem. C, 113, 220–228 (2009)

СЕКЦИЯ 6

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОЦЕНКИ СТАБИЛЬНОСТИ ЛОКАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Алеева А.Р.[1], Бахрачева Ю.С.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия

E-mail: ibb-202_156445@volsu.ru

DEVELOPMENT OF A MODEL FOR ASSESSING THE STABILITY OF A LOCAL COMPUTER NETWORK IN ENTERPRISES

Aleeva A.R.[1], Bakhracheva Y.S.[1]

[1)] Volgograd State University, Volgograd, Russia

Developed a mathematical model to assess the stability of the network. As a result of experiments, it was determined that the greatest influence on the level of network stability in enterprises has such parameters as network security and its bandwidth.

Широкое внедрение информационных технологий во всех сферах бизнеса, обусловливает необходимость повышения защищенности технологических сетей связи [1].

Актуальной задачей является обеспечение информационной безопасности компьютерной сети, одним из показателей которых является стабильность локальной компьютерной сети и её ресурсов. Например, хранящихся в ней и передающихся по ней данных и работающих с ней пользователей. Для обеспечения безопасности сети часто используют аппаратные и программные средства, такие как межсетевые экраны (файрволлы), антивирусные программы, средства мониторинга сети, средства обнаружения попыток несанкционированного доступа (вторжения), прокси-серверы и серверы аутентификации [2].

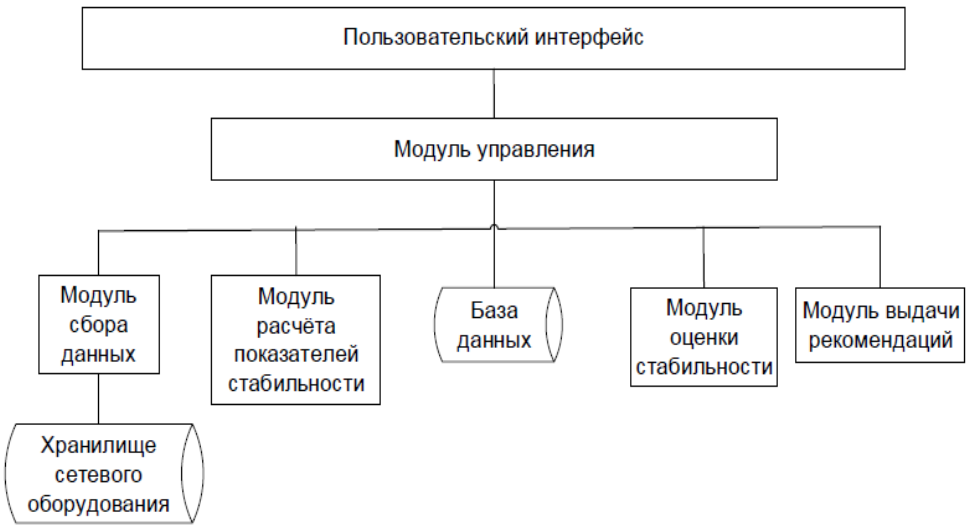


Рис. 1. Архитектура программы.

Архитектура модели оценки стабильности сети состоит из следующих модульных блоков (Рис. 1):

1) модуль управления – модуль работы с остальными модулями программы.

2) модуль сбора данных – предназначен для ввода сетевого оборудования, сбора значений показателей оценки стабильности сети.

3) хранилище сетевого оборудования – содержит в себе информацию о различном оборудовании, входящем в сеть.

4) модуль расчета показателей стабильности сети – производит расчет значений показателей стабильности сети.

5) модуль оценки стабильности – производит расчет общего показателя стабильности и определяет уровень стабильности на текущий момент времени.

6) модуль выдачи рекомендаций – предназначен для формирования и вывода рекомендации по повышению стабильности сети путем увеличения того или иного показателя на основании произведенной оценки уровня стабильности локальной сети.

7) база данных – содержит в себе всю информацию о показателях стабильности сети на текущий момент времени, показатель оценки стабильности, уровень стабильности сети и рекомендации по рассчитанному показателю.

В результате анализа методики стабильности сети были выявлены основные показатели: пропускная способность, безопасность, управляемость и надежность, доступность. Для оценки стабильности сети необходимо провести следующие этапы: опрос сетевого оборудования, тестирование на реализацию атак, тестирование пропускной способности, тестирование управляемости, которые позволят рассчитать значения основных показателей обеспечения стабильности сети. В результате экспериментов, проведенных с программным обеспечением, выполняющим оценку уровня стабильности сети на основании разработанной математической модели определено, что наибольшее влияние на уровень стабильности сети на предприятиях нефтегазовой отрасли оказывает такие параметры, как безопасность сети и ее пропускная способность.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области в рамках научного проекта № 19-48-340015 р_а.

1. В. С. Гольдштейн, Н. А. Соколов, Вестник связи, 1, 28-31 (2015).
2. Y. Bakhracheva, MATEC Web of Conferences, 132, 04005 (2017).

NOISE DATA IMPACT ON CATASTROPHIC INTERFERENCE OF SPIKING NEURAL NETWORKS

Antonov D.I.[1]

[1)] Kotelnikov Institute of Radioengineering and Electronics, Ulyanovsk, Russia
E-mail: d.antonov@ulireran.ru

The problem of catastrophic interference in Spiking Neural Networks (SNNs) is investigated. The pseudo-rehearsal method is investigated as one of the ways to overcome the catastrophic interference. The impact of noise images on the training process and SNNs' recognition ability is studied.

Явление забывания нейронной сетью ранее изученной информации при изучении новой порции данных является принципиальной проблемой на пути расширения диапазона знаний, усваиваемых нейронной сетью. Проблема получила название катастрофического забывания (catastrophic interference или catastrophic forgetting). Термин был введён в 1989 году [1] и с тех пор ведётся поиск путей решения проблемы. На настоящее время разработан ряд подходов к преодолению проблемы катастрофической интерференции, но универсального метода, позволяющего преодолеть забывание, пока не найдено.

Предполагается, что одна из наиболее значимых причин забывания заключается в перекрытии представлений в скрытых слоях нейронных сетей. В процессе повторного обучения новые данные влияют на веса скрытых слоёв, что приводит к созданию новых весов и забыванию прежнего опыта.

Растущую актуальность сейчас представляют исследования нейронных сетей нового поколения – импульсных (спайковых) нейронных сетей (ИмНС), чьё появление стало возможно благодаря нейробиологическому подходу к созданию сетей. Согласно результатам исследований, основу организации мозга человека составляют сети нейронов, взаимодействующих с помощью разреженных импульсов (спайков) и обрабатывающих информацию параллельным образом. Понимание того, как нейроморфные архитектуры на базе ИмНС смогут преодолевать катастрофическое забывание, позволит лучше понять механизм обучения мозга и приблизить работу искусственных ИмНС к оригиналу.

В работе использован один из возможных подходов преодоления катастрофического забывания - так называемый метод псевдо-репетиций (pseudo-rehearsal) [2]. Метод заключается в том, что обучающий набор заменяется шумовыми данными, имеющими структуру, подобную структуре распознаваемых изображений, что предположительно позволяет в значительной мере избежать процесса забывания.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 20-07-00974.

1. M. McCloskey, N. J. Cohen, Psychology of Learning and Motivation, 24, 109–165 (1989).
2. A. Robins, Connection Science, 7(2), 123–146 (1995).

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ АТАК НА БЕСПРОВОДНЫЕ СЕТИ

Бахрачева Ю.С.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия
E-mail: bakhracheva@yandex.ru

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR DETECTING ATTACKS ON WIRELESS NETWORKS

Bakhracheva Yu.S.[1]

[1)] Volgograd State University, Volgograd, Russia

The problem for all wireless networks is security. Ensuring the security of wireless networks is a difficult task, because an attacker does not need physical access to the communication line, as is the case with wired networks. The paper proposes a system for detecting attacks on wireless networks.

На сегодняшний день мы наблюдаем бурное развитие беспроводных технологий. В первую очередь, речь идет о сетях Wi-Fi (сети стандартов 802.11a/b/g), поскольку они получили широкое распространение во всех сферах деятельности человека [1].

Серьезной проблемой для всех беспроводных сетей является безопасность. Она является сложным вопросом и требует постоянного внимания, поскольку с увеличением числа новых технологий в области беспроводных сетей появляется все больше новых уязвимостей. Огромный вред может быть нанесен пользователю из-за того, что он использует случайные хот-споты (hot-spot) или открытые точки доступа WI-FI дома или в офисе и не использует шифрование или VPN (Virtual Private Network - виртуальная частная сеть). Обеспечение безопасности беспроводных сетей является сложной задачей, поскольку злоумышленнику не нужен физический доступ к линии связи, как в случае с проводными сетями. Тема обнаружения атак на беспроводные сети остается актуальной, хотя, при кажущейся беззащитности таких сетей, уже достаточно давно существуют надежные (на сегодняшний момент) методы защиты этих сетей.

Для формализации обнаружения атак, выполняемого с помощью разрабатываемой модели, была разработана функциональная модель, IDEF0 диаграмма которой представлена на рисунке 1.

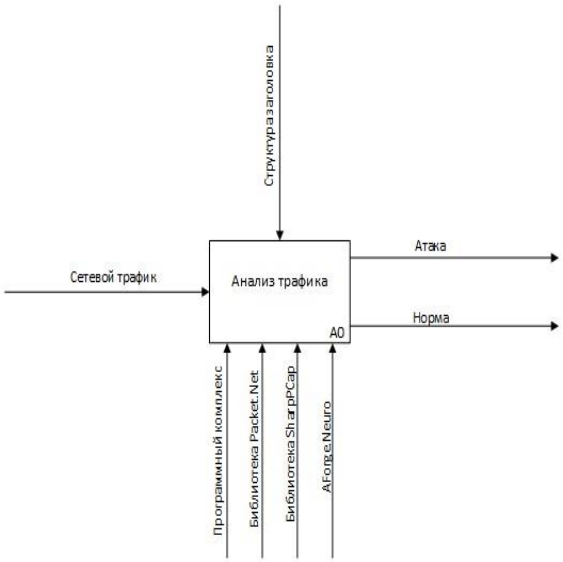


Рис. 1. IDEF0 диаграмма функционирования системы обнаружения атак на беспроводные сети.

Входными данными для разрабатываемой модели является сетевой трафик, поступающий на устройство. Функционирование модели определяется структурой заголовка получаемых пакетов. Обработка пакетов выполняется с помощью разрабатываемой модели, подключаемых библиотек Packet.Net, SharpPcap, а также AForge.Neuro. Результатом работы модели является вывод о нормальности трафика, поступающего на устройство.

Проведены экспериментальные исследования разработанной системы обнаружения атак на беспроводные сети. Было проведено 5 экспериментов, в которых была выявлена корректная реакция системы на нормальный трафик, а также при помощи утилит hping3 и arpspoof проведена симуляция всех рассматриваемых атак. В результате системой были выявлены 3 из 4 рассматриваемых атак: SYN-flood, UDP-flood, ICMP-flood. Атака ARP-Spoofing не была выявлена, поскольку порядок реализации данной атаки не подходит для обнаружения выбранной картой Кохонена, так как такой тип нейронных сетей, в большей степени, ориентирован на обнаружение атак типа DoS, к которому относятся 3 обнаруженные атаки. По этой причине системы, построенные на картах Кохонена, рекомендуется использовать в комбинации с решениями, использующими иные методы обнаружения атак.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области в рамках научного проекта № 19-48-340015 р_а.

1. А. А. Ногин, Научный журнал, 5(28), 34-36 (2018).

АЛГОРИТМ ОТБОРА ВИДА ДИССИПАТИВНОЙ ФУНКЦИИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА МАКСИМАЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭНТРОПИИ

Банников И.К.[1], Мартюшев Л.М.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: bannikovilea@gmail.com

ALGORITHM FOR SELECTING THE TYPE OF DISSIPATIVE FUNCTION BASED ON THE PRINCIPLE OF MAXIMUM ENTROPY PRODUCTION

Bannikov I.K.[1], Martyushev L.M.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The paper proposes an algorithm for obtaining the form of the dissipation function based on maximizing the values of elements from a certain bounded set of polynomials. The result obtained is consistent with the quadratic polynomial known from linear nonequilibrium thermodynamics.

В неравновесной термодинамике существует проблема нахождения диссипативной функции для случаев отличных от описываемых линейной неравновесной термодинамикой. В последнее время в литературе широко обсуждается принцип максимальности производства энтропии [1]. В связи с этим, возникает идея использовать сам принцип для нахождения вида диссипативной функции. Целью настоящей работы является разработка оптимизационного алгоритма, позволяющего находить производство энтропии в виде полинома, максимизирующего некоторое доступное множество возможных полиномов. Данный алгоритм тестируется на хорошо известном результате для линейной неравновесной термодинамике: квадратичной форме.

Алгоритм состоит из нескольких этапов. Первый этап – это этап накопления элементов. Имеется некоторое множество (назовем его N) полиномов, состоящих из потоков J1 и J2. Из этого множества случайным образом выбираются два элемента: A и B. С помощью этих элементов формируются две комбинации: A+B, A*B. Если выбранные элементы имеют составную структуру, типа A=(A1')+(A2') или B=(B1')*(B2'), то помимо образования более сложных комбинаций из выбранных элементов формируются также и более простые A1', A2', B1', B2'. В полученном множестве элементов M={A, B, A+B, A*B, A1', A2', B1', B2'} исключаются те элементы, у которых количество потоков J1 и J2 оказывается больше, чем имелось во множестве N. Также исключаются элементы, которые при нулевых значениях J1, J2 не дают 0. Далее все оставшиеся элементы множества M сортируются по частотности приобретения максимального значения в случае если потоки J1, J2 приобретают случайные значения, распределенные по Гауссу (мода равна нулю, стандартное отклонение равно 1). Затем выбирается две элемента

множества M, которые наиболее часто принимают максимальные значения. Эти два элемента заменяют родительские A и B во множестве N. Описанная процедура по замене двух элементов множества N на максимальные из M, продолжается 100 раз. Второй этап – этап выбора элемента множества из N, который наиболее часто оказывался максимальным на первом этапе. На третьем этапе, последовательно 1000 раз повторяются этапы 1 и 2, а затем ранжируются получившиеся лидеры и определяется абсолютный лидер, указанной трехэтапной максимизации.

При выборе случайной пары элементов из N используется равномерное распределение с началом в точке 0 и размером равном длине массива. Используются два независимых генератора случайных чисел: Mersenne Twister, и PSG64 [2].

В результате моделирования возникают полиномы квадратичной формы в случае если имеется ограничение на степень многочлена не выше второй. Это свидетельствует о возможности применения алгоритма [3] для более сложных случаев.

1. L. M. Martyushev and V. D. Seleznev, Phys. Rep. 426, 1-45 (2006).
2. Описание алгоритма PCG6 // Документация Numpy - https://numpy.org/doc/stable/reference/random/bit_generators/pcg64.html#numpy (дата обращения 28.01.2021) --- Режим доступа: свободный
3. Github entropy threads // Github - https://github.com/biplan66/entropy_threads/releases/tag/v1.1.1 (дата обращения 29.01.2021) -- Режим доступа: для авторизованных пользователей

АНАЛИЗ РАЗНООБРАЗИЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ В МОДЕЛИ 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

ANALYSIS OF THE DIVERSITY OF STOCHASTIC REGIMES IN THE MODEL OF COUPLED POPULATIONS

Belyaev A.V.[1], Ryashko L.B.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this paper, we consider a metapopulation consisting of two coupled population subsystems modeled by the Ricker map. The aim of the study is to analyze the modes of corporate dynamics of subsystems in the equilibrium regime with a change in the intensity of coupling and random noise.

В данной работе рассматривается метапопуляция, состоящая из двух связанных популяционных подсистем, моделируемых отображением Рикера. Целью исследования является анализ режимов корпоративной динамики при изменении интенсивности связи [1] и случайного воздействия. В изолированных подсистемах могут наблюдаться различные устойчивые режимы: равновесные, периодические и хаотические. В данном же случае рассматриваются системы в равновесных режимах. При ненулевом значении коэффициента связи динамика системы может значительно изменяться, например, равновесный режим трансформируется в хаотический, а хаотический – снова в регулярный. В настоящей работе проведен параметрический анализ возможных случаев изменения корпоративной динамики и их связи с бифуркациями разных типов. Изучены аттракторы системы и временные ряды координат. Рассмотрена стохастическая система, включающая случайное воздействие на метапопуляцию. Используя метод функции стохастической чувствительности, продемонстрированы такие стохастические феномены, как вымирание популяции, стабилизация неустойчивого равновесия, а также индуцированный шумом хаос. Исследована вероятность вымирания популяций для периодических, квазипериодических и хаотических режимов в зависимости от интенсивности шума и коэффициента связи.

1. I. Bashkirtseva, A. Pisarchik, AIP Conf. Proceed. 2172, 070004 (2019).

РАЗРАБОТКА НЕЙРОСЕТЕВОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЙ В КВАНТОВОЙ ИГРЕ 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

DEVELOPMENT OF A NEURAL NETWORK ALGORITHM FOR FINDING OPTIMAL STRATEGIES FOR THE QUANTUM HEX GAME

Bikmurzin M.A.[1], Mazurenko V.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Based on the AlphaGo Zero training algorithm, we developed a reinforcement learning algorithm to train an agent to play quantum games with the possibility of collapsing a position on the board. Using this algorithm, the created neural network agent was trained to play the game Quantum Hex.

В 2020 году миру была представлена квантовая версия игры Го, основанная на принципе суперпозиции в квантовой механике [1]. Вместо обычных ходов, на игровой доске реализуются ходы квантовые. Квантовый ход представляет одновременное занятие двух вакансий состоянием суперпозиции. Коллапс происходит тогда, когда соседнее поле будет занято другим ходом. После коллапса ход реальный окажется в одном из двух ранее обозначенных положений. Игрокам предоставляется возможность самим выбирать вероятности коллапса в то или иное положение. Сложность игры, по сравнению с обычной версией, возрастает колоссально.

Hex – это пошаговая игра, происходящая на гексагональной доске ромбической формы. Игроки по очереди занимают свободные поля, стремясь построить соединяющий кластер между сторонами своего цвета. Данная игра уже исследовалась в научном сообществе различными методами [2-4].

Вдохновившись квантовым Го, нами было принято решение представить квантовый вариант игры Hex, а также разработать алгоритм обучения нейросетевого агента для подобных игр. Правила из Квантового Го были взяты без изменений: в квантовом Hex реализуются ходы, представляющую из себя суперпозицию двух вакансий. При осуществлении хода в соседнюю вакансию происходит коллапс суперпозиции, и вместо квантового хода на доске появляется классический.

За основу был взят алгоритм, предложенный компанией Google Deepmind для обучения сети AlphaGo Zero [5]. Важную роль в нем играет поиск Monte Carlo Tree Search. Оценкой узлов в дереве поиска занимается обучаемая нейронная сеть.

Сначала происходит накопление выборки. Агент играет сам с собой, для каждой позиции запоминая распределение корневых узлов по посещениям и победи-

теля партии. Далее происходит процесс обучения. Важно отметить, что нейронная сеть имеет два выхода, один из которых мультиплетный. Вводится требование, чтобы одиночный выход нейросети предсказывал победителя партии, а мультиплетный – распределение корневых узлов по посещениям. Процессы накопления выборки и обучения цикличны. Однако такой алгоритм неприменим к квантовой игре Hex.

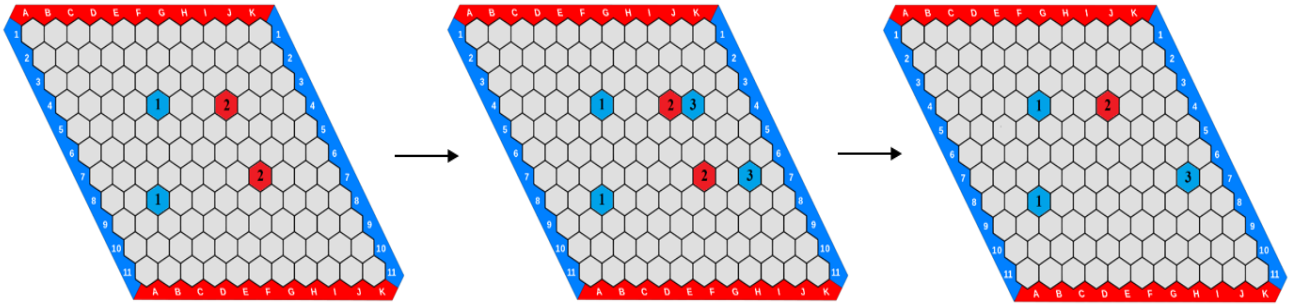


Рис. 1. Коллапс хода в квантовом Hex.

Каждая ветвь в древе поиска сопоставляется конкретному ходу и ведет к определенной позиции. Однако коллапс квантового хода недетерминирован. Если какая-либо ветвь сопоставляется в соответствие ходу, вызывающему коллапс на игровом поле, из того же узла мы искусственно создаем другие ветви, соответствующие всем возможным вариантам коллапса, с одинаковыми оценками . Всякий раз, когда новая итерация поиска будет проходить через одну из подобных ветвей, мы будем искусственно модулировать итерации поиска через все остальные для объективной оценки каждого из возможных продолжений. Результирующая оценка такого хода определяется как функция минимума для всех возможных вариантов коллапса игровой позиции.

При помощи данного алгоритма нейросетевой агент был успешно обучен квантовому Hex и демонстрирует достаточно сильный уровень игры.

1. L. F. Qiao, J. Gao, Z.-Q. Jiao, Z.-Y. Zhang, Z. Cao, R.-J. Ren, C.-N. Zhang, C.-Q. Hu, X.-Y. Xu, H. Tang, Z.-H. Ma and X.-M. Jin, arXiv preprint, arXiv:2007.12186 (2020).
2. V. V. Anshelevich, Artificial Intelligence 134.1-2, 101-120 (2002).
3. B. Arneson, R. B. Hayward and P. Henderson, IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games 2.4, 251-258 (2010).
4. K. Takada, H. Iizuka and M. Yamamoto, 2017 Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence, IEEE, 196-201 (2017).
5. D. Silver, J. Schrittwieser, K. Simonyan, I. Antonoglou, A. Huang, A. Guez, ... and D. Hassabis, nature 550.7676, 354-359 (2017).

INDICATORS OF CLASSICALITY/QUANTUMNESS OF FINITE-DIMENSIONAL SYSTEMS

Bures M.[1, 3], Abbasly N.[2, 3], Abgaryan V.[3], Khvedelidze A.[3, 4, 5], Rogojin I.[3], Torosyan A.[3]

[1)] Czech Technical University in Prague, Prague, Czech Republic
[2)] Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan
[3)] Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia
[4)] A Razmadze Mathematical Institute Iv. Javakhishvili, Tbilisi State University, Georgia
[5)] Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

E-mail: martin_bures@email.cz

We discuss measures of classicality/quantumness of states of finite-dimensional quantum systems, which are based on a deviation of quasiprobability distributions from true statistical distributions.

We discuss measures of classicality/quantumness of states of finite-dimensional quantum systems, which are based on a deviation of quasiprobability distributions from true statistical distributions. Particularly, the dependence of the global indicator of classicality on the assigned geometry of a quantum state space is analysed for a whole family of Wigner quasiprobability representations. General considerations are exemplified by constructing the global indicator of classicality/quantumness for the Hilbert-Schmidt, Bures, Bogoliubov-Kubo-Mori and Wigner-Yanase-Dyson ensembles of qubits and qutrits. In the case of qutrits, by averaging over the one-parameter moduli space (describing a family of unitary non-equivalent Wigner distributions), we construct a mean indicator of classicality/quantumness which gives a representation independent characteristic of classicality. The interrelations between quantum monotone Riemannian metrics defined on the state space of a finite-dimensional system and the global indicator of classicality/quantumness based on the negativity of the Wigner function is analysed.

1. N. Abbasli and V. Abgaryan, M. Bures, A. Khvedelidze, I. Rogojin, A. Torosyan, Phys. Part. Nuclei 51, 443–447 (2020).
2. V. Abgaryan and A. Khvedelidze, On the family of Wigner functions for N-level quantum system, (2020), preprint https://arxiv.org/abs/1708.05981

ВЛИЯНИЕ НЕИЗОТЕРМИЧНОСТИ НА ПОТЕРЮ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ РАДИАЛЬНОМ ВЫТЕСНЕНИИ ЖИДКОСТИ В ЯЧЕЙКЕ ХЕЛЕ-ШОУ

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

INFLUENCE OF NON- ISOTHERMALITY ON THE LOSS OF STABILITY DURING RADIAL DISPLACEMENT OF FLUID IN THE HELE-SHOW CELL

Chernoskutov A.S.[1], Martyushev L.M[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this paper, we consider the non-isothermal influence on the morphological stability of a radially displaced fluids. The equation for the perturbation amplitude is obtained.

Морфологическая неустойчивость границы в случае, когда менее вязкая жидкость вытесняет более вязкую при горизонтальном движении в ячейке Хеле-Шоу исследуется, начиная с [1], достаточно давно. Традиционно рассматривается лишь изотермические течения. Однако с теоретической и практической точки зрения крайне важно понять влияние неизотермичности системы на устойчивость. Действительно, хорошо известно, что температура жидкости прямо влияет на вязкость, которая, в свою очередь, непосредственно влияет на устойчивость границы при вытеснении. Исходя из этого, целью работы стал учет неизотермичности.

Пусть имеются две несмешивающиеся, несжимаемые жидкости с разной теплопроводностью. Считаем, что менее вязкая жидкость вытесняет более вязкую при горизонтальном движении между двумя параллельными пластинами, расположенными на малом расстоянии друг относительно друга (в ячейке Хеле-Шоу, рис.1). Будем рассматривать медленное квазистационарное радиальное вытеснение одной жидкости другой. Через отверстие в центре круглой ячейки поступает вытесняющая жидкость с постоянным расходом и некоторой температурой T_0. Движение и распределение тепла рассматривается квазидвумерным, т.е. все характеристики потока усреднены по толщине. На границе ячейки температура жидкости равна T_∞, а ее давление считается нулевым. Считается, что распределение температуры в жидкости, как и давление, подчиняется уравнению Лапласа. В некоторый начальный момент времени граница раздела жидкостей подвергается искажению бесконечно малым гармоническим возмущением заданной моды (рис.1).

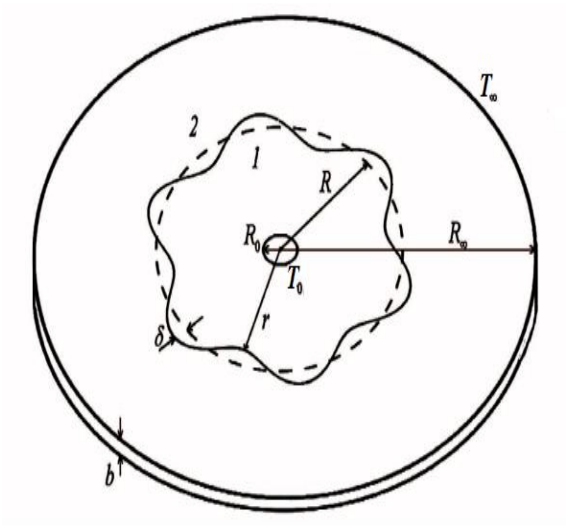


Рис. 1. Схема радиальной ячейки Хеле-Шоу.

Данная задача аналитически решается методом линейной теории возмущений, изложенным в [2, 3]. В работе получено уравнение для амплитуды возмущения в безразмерных координатах. Это уравнение позволяет определить и проанализировать поведение критического размера морфологической устойчивости при изменении температур и теплопроводностей жидкостей.

1. P. G. Saffman and G. I. Taylor, Proc. R. Soc. London A 245, 312 (1958).
2. L. M. Martyushev and A. I. Birzina, Tech. Phys. Letter, 34(3), 213 (2008).
3. A. S. Chernoskutov and L. M. Martyushev, AIP Conf. Proceed. 2313, 030072 (2020).

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ЭПР РН-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ НИТРОКСИЛЬНЫХ РАДИКАЛОВ В ПОРИСТЫХ И НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Давыдов Д.Р.[1], Ковалева Е.Г.[1], Антонов Д.О.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: danil.davydov@urfu.me

ANALYSIS OF DYNAMIC EPR SPECTRA OF PH-SENSITIVE NITROXYL RADICALS IN POROUS AND NANOSTRUCTURED SYSTEMS USING MACHINE LEARNING METHODS

Davydov D.R.[1], Kovaleva E.G.[1], Antonov D.O.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The various neural network architectures have been investigated to obtain the specific characteristics of porous and nanostructured systems using pH-sensitive nitroxyl radicals as spin probes and labels. The data set of simulated EPR spectra of pH-sensitive nitroxyl radicals for deep learning using

Появление машинного обучения кардинально изменило подходы к анализу данных, получаемых в ходе проведения исследований. В аналитических науках, машинное обучение предоставляет беспрецедентную возможность к получению информации от сложных или больших наборов данных, среди прочего, в хроматографии, масс спектрометрии, ЯМР-спектроскопии [1]. На широкое распространение машинного обучения в обработке данных большое влияние оказало значительное сокращение вычислительных мощностей и затрачиваемого времени на обработку данных методами машинного обучения по сравнению с традиционными численными методами анализа [1-3]. Однако, на данный момент нет примеров применения методов машинного обучения в области ЭПР-спектроскопии, в частности, в анализе динамических спектров ЭПР pH-чувствительных нитроксильных радикалов, спектры которых имеют сложную форму (см. Рис.1) и для получения из них важных параметров для анализа исследуемых систем. Причиной тому являются как большие вычислительные мощности, так и временные затраты по анализу спектров ЭПР pH-чувствительных нитроксильных радикалов.

В данной работе проведен поиск архитектур нейронных сетей и их обучение с целью определения наиболее подходящей, для получения характеристик исследуемой системы с помощью симулирования экспериментальных спектров ЭПР pH-чувствительных нитроксильных радикалов.

Результаты работы могут быть использованы лабораториями, занимающимися синтезом и исследованием свойств пористых и наноструктуированных систем.

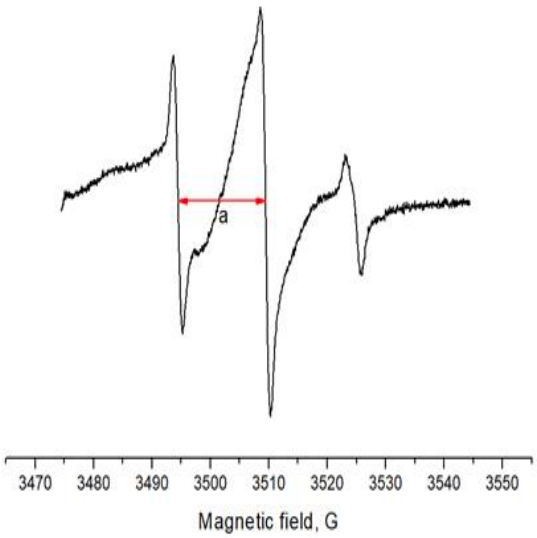


Рис. 1. Спектр ЭПР нитроксильных радикалов в растворе с галлуазитными нанотрубками при pH=9,35. a – константа сверхтонкого взаимодействия, Гс.

Исследование проведено при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований грант № 18-29-12129мк.

1. F. Lussier et al. Trends in Analytical Chemistry 124, 115796 (2020).
2. Michael Gastegger et al. Chem. Sci., 8, 6924–6935 (2017).
3. James Lazarovits et al. ACS Nano, 13, 7, 8023–8034 (2019).

SPIN DYNAMICS SIMULATION OF MULTILAYER SYSTEM

Deviatov A.Ia.[1], Mazurenko V.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

E-mail: day204@ya.ru

By solving spin dynamics equations we tried to obtain simple model, which can describe behavior of complex multilayer magnetic system.

In modern physics, huge attention is paid to the modeling of various physical systems, in particular the modeling of the processes occurring in magnetic materials. Using the numerical solution of the spin dynamics equations, it becomes possible to find out what happens in magnetics at the spatial range of nanometers and in the time range of several picoseconds. Such ultrafast magnetic dynamics with excitation by ultrashort laser pulses has generated tremendous interest in recent years [1, 2] due to unusual fundamental interactions between spins, electrons and lattice degrees of freedom far from equilibrium, as well as high potential in creating fast and energy efficient data

stores. One of the materials used in many experiments is Co/Pt multilayers. The aim of this work is to obtain a model of the Co/Pt multilayer system and further modeling of this material. The UppASD [3] software package was used to numerically solve the spin dynamics equations. The comparison of simulation results with real experimental data [4] was also made, which showed good agreement.

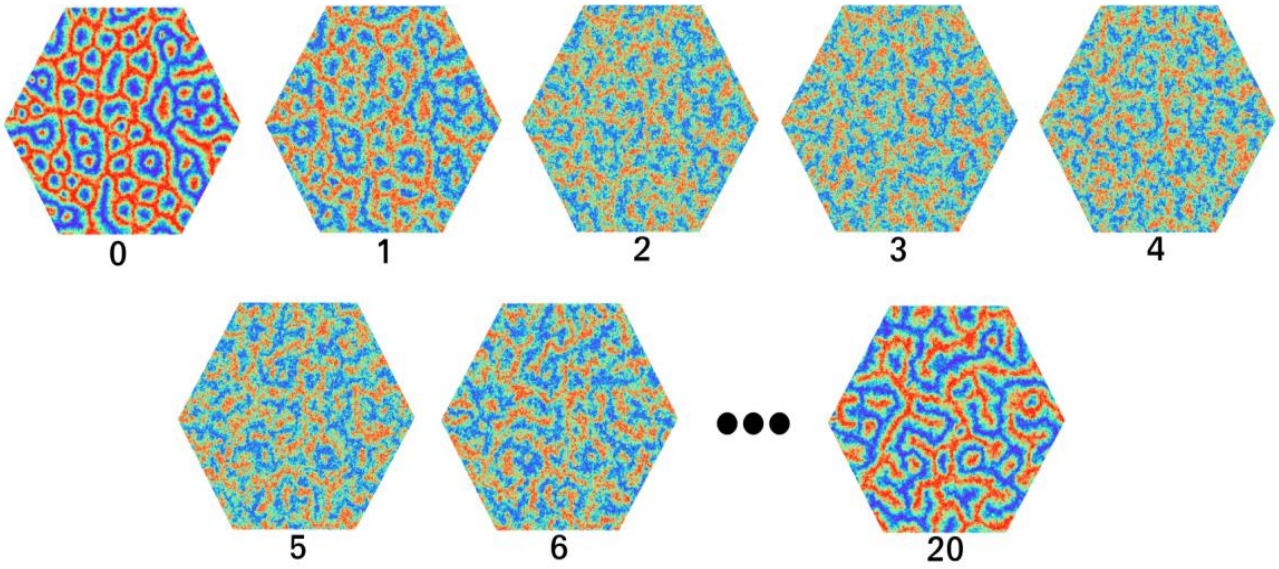


Рис. 1. Simulated magnetic structure dynamics up to 20 ps.

1. B. Pfau et al. Nature communications, 3(1), 1-6, (2012).
2. T. Wang et al. Physical review letters, 108(26), 267403, (2012).
3. O. Eriksson, A. Bergman, L. Bergqvist & J. Hellsvik, Atomistic spin dynamics: foundations and applications, Oxford university press, (2017).
4. O. Hellwig, A. Berger, J. B. Kortright & E. E. Fullerton, J. Magn. Magn. Mater. 319(1-2), 13-55, (2007).

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СЕТЕВОГО ТРАФИКА МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Дудникова А.И.[1]

[1)] Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск, Россия

E-mail: roksil98@mail.ru

NETWORK TRAFFIC MONITORING SYSTEM FOR MEDICAL EQUIPMENT

Dudnikova A.I.[1]

[1)] Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

A monitoring system based on Flow protocols has been developed and tested. The system was created to control the traffic of medical equipment. The article describes the principles on which the system was formed, as well as a general description of its operation.

Согласно приказу Министерства здравоохранения РФ от 19 января 2017 г. № 11 выделены следующие особенности работы с медицинским оборудованием: ответственность за обеспечение безопасной эксплуатации аппарата медицинской техники несет медицинская организация, хотя прав доступа для конфигурации и настройки безопасной работы машины у конечного пользователя нет. Следовательно, появляется необходимость контроля сегмента сети с функционирующим медицинским оборудованием с целью обеспечения целостности, конфиденциальности и доступности фигурирующей в ней информации. Обычно, для защиты сегментов внутренней сети, применяются меры, ограниченные установкой антивирусного программного обеспечения [1]. Однако контролировать, таким образом, медицинское оборудование невозможно, ввиду отсутствия необходимых прав доступа к конечной машине. Следовательно, необходим инструмент, позволяющий осуществлять мониторинг сетевого трафика, для выявления активности в рамках инфраструктуры организации, с целью обнаружения угроз безопасности в пределах локального сегмента сети с функционирующим медицинским оборудованием.

В качестве источников данных для мониторинга можно использовать: «сырой» трафик с дальнейшей его передачей системам обнаружения вторжений, анализ событий с сетевых устройств или анализ потоков трафика [2]. В первом случае для предотвращения обхода средств защиты необходимо ставить сенсоры в разрыв сетевого соединения, таким образом, общая стоимость решения будет велика. Использование событий с сетевых устройств позволяет проводить анализ уже после зафиксированного инцидента. Решить проблему эффективности источника данных можно, проводя анализ потоков трафика.

Физическая схема решения состоит из маршрутизатора с поддержкой Flow-протокола, обеспечивающего сбор, формирование пакетов в потоки, и дальнейшее перенаправление на NetFlow сервер, выполняющий функции сбора, хранения сетевого трафика, с его последующим анализом.

В основе коллектора и анализатора лежит стек ELK.

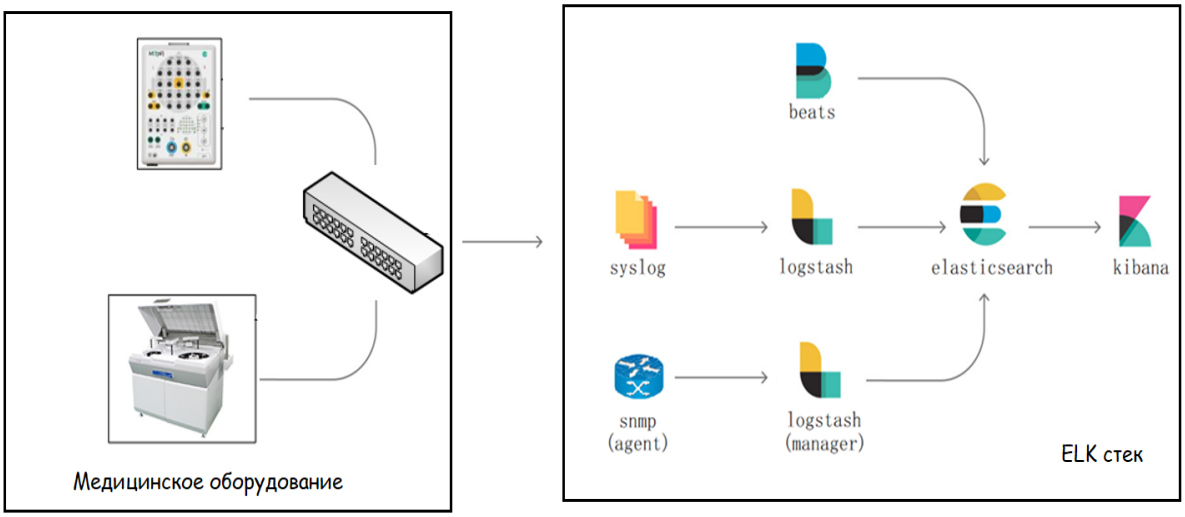


Рис. 1. Схематическое отображение решения.

Стек позволяет «на лету» масштабировать решение при добавлении нового сетевого устройства, работать с различными источниками данных, а также осуществлять их хранение посредством нереляционной базы данных, являющейся частью стека [3].

Собранные метаданные от протокола NetFlow обрабатываются, путем внесения изменений в конфигурацию раздела фильтрации коллектора.

Так как в основе решения лежит взаимодействие сетевых устройств, работоспособность веб-сервера и платформ в рамках ELK стека, необходимо отслеживать доступность перечисленных компонентов [4]. Поэтому в систему был интегрирован дополнительный функционал, позволяющий получить такого рода данные, реализуемые через протоколы: snmp, syslog и платформу beats.

В ходе работы была разработана и протестирована система мониторинга с возможность контроля сегмента сети с медицинским оборудованием.

1. P. Shukla and Sh. Kumar. Elasticsearch, Kibana, Logstash and next generation search engines, M.: Peter, 350-352, (2019).
2. P. Shukla and Sh. Kumar, Learning Elastic Stack 7.0, Packt Publishing, 472-474 (2019).
3. R. Collier and B. Azarmi, Machine Learning with the Elastic Stack, Packt Publishing, 302-304 (2019).
4. D. Noble, Monitoring Elasticsearch, Packt Publishing, 170-178, (2016).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕБ-ПОРТАЛА ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ

Елизаров С.С.[1], Варфоломеев В.Г.[1], Лимановская О.В.[1, 2], Варлашов Е.М.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: s.s.yelizarov@gmail.com

ENGINEERING OF MEDICAL DATA PROCESSING WEB PORTAL

Elizarov S.S.[1], Varfolomeev V.G.[1], Limanovskaya O.V.[1, 2], Varlashov E.M.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

Medical data processing web portal for medical scientists. The web portal will combine medical data from different scientists to conduct collaborative research.

Веб-портал медицинских деперсонифицированных данных будет служить базой данных для исследований, проводимых в уральском медицинском университете. Система должна решить проблему организации разрозненных медицинских данных и результатов исследований в рамках уральского медицинского университета.

В системе предусмотрены следующие возможности:

1. Загрузка информации из различных источников — на первом этапе только загрузка таблицы Excel, далее — внешние интеграции с медицинскими CRM-системами;
2. Обработка входящих данных и слияние их с уже существующими;
3. Обработка загруженных данных с целью исследований различного формата.

Архитектурно система состоит из двух основных частей – пользовательский интерфейс и кластер серверных решений.

Пользовательский интерфейс будет реализован в виде веб-портала. В дальнейшем планируется реализация публичного API для внешних интеграций.

Кластер серверных решений будет содержать несколько модулей, каждый из которых работает самостоятельно. Это необходимо для того, чтобы каждый из модулей мог быть масштабирован вне зависимости от других модулей. Также модульная система повышает отказоустойчивость всей системы в целом [1].

В составе кластера предусматриваются следующие модули:

1. Модуль регистрации и авторизации — сервис для авторизации пользователей (в будущем — и внешних интеграторов) и предоставления ключей доступа к кластеру системы. Он является входной точкой системы. В составе этого модуля предусмотрена реляционная SQL база данных для хранения данных пользователей, а также инструменты для разграничения прав доступа в системе.

2. Модуль для загрузки таблиц. Модуль принимает на вход данные различного формата и сохраняет их во внутренних noSQL и файловом хранилищах. NoSQL база данных позволяет временно хранить данные любого формата с целью их предобработки. Из этих данных модуль может создать в основной SQL базе данных новые таблицы, над которыми можно проводить операции по выбору данных и использовать их для проведения расчетов.

3. Модуль вычислительной логики. Используется для организации расчетов по данным из SQL хранилищ. В будущем закладываем возможность интеграции различных нейросетей для их применения на исходных данных. Этот модель работает только с SQL базой данных. В рамках первой версии для этого модуля будет реализована возможность загрузки, удаления, просмотра и скачивания загруженных в систему данных.

На рисунке представлена архитектура предлагаемой системы.

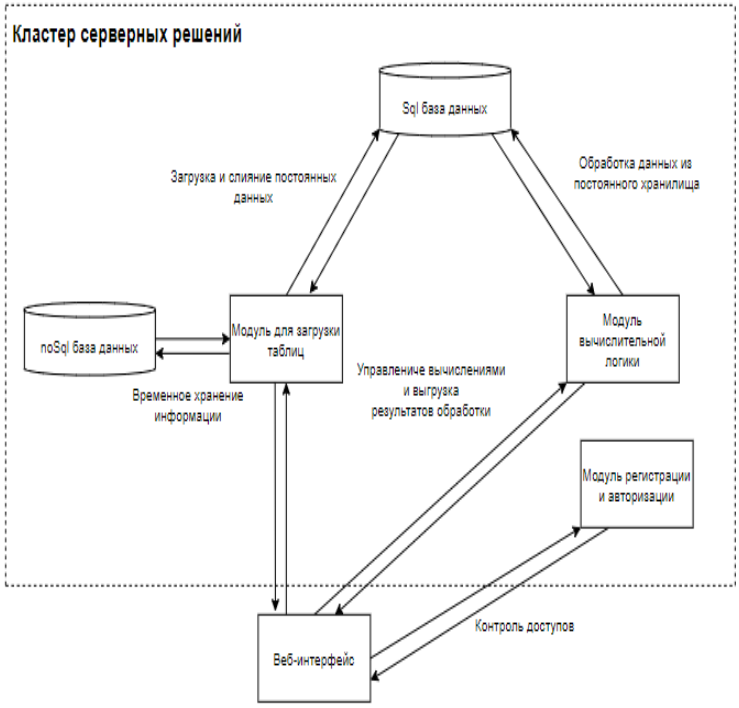


Рис. 1. Архитектура предлагаемой системы и поток данных в ней.

В данной работе предложена архитектура разрабатываемой системы и описан функционал всех ее модулей.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России на 2021 г. № 056-00054-21-00 от 17.12.2020 г., тема: «Индивидуализация подбора комплексной геропрофилактической терапии»

1. M. Kleppmann, Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems, O'Reilly Media (2018)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПАССАЖИРОПОТОКА НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

Еременко В.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: eremenko.vyatcheslav@gmail.com

MODELING AND FORECASTING THE PARAMETERS OF A RAILROAD TRANSPORT SYSTEM

Eremenko V.I.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The article discusses the results of the application of widely used classical approaches to the analysis and forecasting of time series of the realization of demand for passenger traffic on the Moscow-Nizhny Novgorod route. The modeling object was considered from a market and logistic aspect

Одним из важных элементов успеха транспортной компании является прогнозирование будущего спроса на транспортные услуги. Данные, полученные в результате прогнозирования, позволяют точнее планировать операционную деятельность, маркетинг и финансовую политику предприятия, направленные на максимизацию прибыли и снижение издержек, повышение конкурентоспособности. При этом на спрос оказывают влияние различные внешние и внутренние факторы, что усложняет прогнозирование спроса.

Объектом моделирования является транспортная система железнодорожных перевозок пассажиров. Исследуемую транспортную систему можно описать в двух аспектах: логистическом и рыночном. Рыночный аспект отражает сеть перевозок от пункта к пункту, пассажирские и транспортные потоки по этой сети и описывается матрицей.

Логистический аспект отражает сеть железных дорог, пассажирские и транспортные (вагонные) потоки по этой сети, в том числе сгруппированные в поезда, который описывается матрицей.

Одним из распространенных методов моделирования временных рядов, относящимся к классу параметрических стал метод моделирования авторегрессии-скользящего среднего (ARIMA), обобщающий модель авторегрессии (AR) и модель скользящего среднего (MA).

Нами предлагается следующий алгоритм, использующий эту методологию.



Рис. 1. Блок-схема алгоритма.

Модель ARIMA основана на ключевом предположении, что исторические показатели процесса являются хорошими предикторами будущих показателей. Расширение модели до SARIMAX предполагает также, что на текущее значение влияет “сезонность” (т.е. цикличность) процесса, а также внешние наблюдаемые значения других процессов.

1. Yu. Nesterov and A. Nemirovskii, Interior Point Polynomial Methods in Convex Programming, SIAM Studies in Applied Mathematics (1994).
2. D. P. Bertsekas, Convex Optimization Algorithms. Belmont, MA.: Athena Scientific, (2015).
3. M. Milenković, L. Švadlenka, V. Melichar, N. Bojović & Z. Avramović, Transport, 33(5), 1113-1120 (2018).
4. A. Wijeweera, H. To, M. B. Charles, K. Sloan, Economic Analysis and Policy, 44 (3) 301-309 (2014).

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ СОЗДАНИЯ ГОЛОСОВОГО РОБОТА

Ермакова Н.Н.[1], Семенов Е.С.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия
E-mail: ermakova9919@mail.ru

ANALYSIS OF TECHNOLOGIES FOR CREATING A VOICE ROBOT

Ermakova N.N.[1], Semenov E.S.[1]

[1)] Volgograd State University, Volgograd, Russia

Today, artificial intelligence is very popular in the modern information technology market - modern computing technologies and technologies built on the basis of neural networks are confidently entering our era.

The article is devoted to the analysis of technologies for creating a voice robot.

Голосовой робот (или голосовой ассистент) – технология коммуникационного сервиса, позволяющая компании совершать автоматические звонки клиентам, проводить опросы, собирать сведения, а также отвечать клиентам живым голосом. Осуществляется она посредством интерактивного голосового меню (Interactive Voice Response), куда записываются сначала голосовые сообщения, откуда система маршрутизирует звонок внутри call-центра в соответствии и с тем, что ввел клиент с помощью тонального набора [1].

На сегодняшний момент доступны две разновидности голосовых роботов-первые это, так называемые, чат боты, голосовые ассистенты, и вторые - умные колонки. В коммерческой структуре они подразделяются на две деятельности – b2b, услуги предоставляются для юридических лиц (такси, выдача товаров, бронирование и т. д.) и b2c, услуги предоставляются для физических лиц (сюда можно отнести голосовые помощники Apple Siri, Яндекс. Алиса, Google ассистент).

Развитие голосовых роботов

Процесс развития голосового робота налицо- если раньше мы могли ограничиваться простым голосовым меню, то сегодня это представляется интеллектуальным роботом, способны не только задавать вопросы, но и отвечать на все возможное другие.

Первое поколение систематизации IVR реализовывались в основном, для направленности клиента к нужному специалисту. Были также версии, которые могли распознать голосовые ответы «да» или «нет».

Следующее поколение относится к голосовым роботам, осуществляющим голосовую речь механическим способом, т.е. происходит синтез речи и озвучивается текст информации.

И наконец, пришла эра Al-роботов, способных общаться максимально естественно, обучаться на проведенных ранее диалогов, и проводить анализ речи со-

беседника. Так, например, робот Google Duplex делает паузы “для вздоха” и добавляет междометия вроде “хм”, и мы можем просто не заметить, что общаемся с роботом.

В исследовании представлены четыре компании, предлагающих сопоставимые услуги – управление автоматизацией звонков с помощью интуитивного конструктора. Сервисы Robovoice, Infobot, Aimylogic и Voximplant Kit были проанализированы с точки зрения ключевых технологий, удобства в использовании, индивидуальных дополнительных функций и ценовой политики.

1. М. Форд, Роботы наступают. Развитие технологий и будущее без работы: моногр. М.: Альпина нон-фикшн, (2016).

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА В ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНАХ

Фатеев А.С.[1]

[1)] Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Россия

E-mail: fateev.as@phystech.edu

THE USE OF COMPUTER VISION FOR DETECTING THREATS OF HUMAN LIFE AT THE SWIMMING POOLS

Fateev A.S.[1]

[1)] Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Russia

This paper examines a computer vision-based approach to detecting drowning in swimming pools at an early stage. The proposed approach consists of two main parts: visual component that can reliably detect and track people in the water and the notification output module.

Технологии компьютерного зрения позволяют в сегодняшних реалиях сделать жизнь проще и безопаснее.

В данной работе рассматривается основанный на компьютерном зрении подход к выявлению случаев утопления в плавательных бассейнах на самом раннем этапе. Предлагаемый подход состоит из двух основных частей:

1. зрительного компонента, который может четко обнаруживать и отслеживать людей в воде, несмотря на большие вариации контролируемых зон бассейна и перемещение рассматриваемого объекта на изображении [1].

2. модуля вывода оповещений, который анализирует последовательности наблюдений особенностей человека на предмет возможных поведенческих признаков утопления.

Времена, когда обнаружение объектов решалось исключительно путем классического машинного обучения, уже прошли – сейчас в этой сфере царят подходы, основанные на глубоком обучении (Deep Learning).

Для реализации зрительного компонента были исследованы двухуровневые и одноуровневые архитектуры нейронных сетей. На созданном наборе данных были проведены тесты различных моделей для определения наилучшего соотношения скорости и точности определения объектов. Составлена классификационная таблица результатов обнаружения.

В результате экспериментов был определен оптимальный алгоритм для модуля вывода оповещений, который позволяет определить признаки утопления рассматриваемого объекта на самом раннем возможном этапе.

Таким образом, подход имеет ряд достоинств. Это высокая точность определения людей в воде, работа в режиме реального времени на устройствах с низкой вычислительной мощностью, минимальная задержка между обнаружением признаков утопления и оповещением.

1. C. Fabbri, M. J. Islam, and J. Sattar. 2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 7159– 7165, (2018).

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПАССИВНОГО ОТВОДА ТЕПЛА ОТ ШАХТЫ-ХРАНИЛИЩА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ИВВ-2М ПРИ ПОМОЩИ ТЕРМОСИФОНОВ

Глухов С.М.[1], Климова В.А.[1], Ташлыков О.Л.[1], Шумков Д.Е.[1, 2], Лёзов А.Д.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

[2)] АО "Институт реакторных материалов", г. Заречный Свердловской области, Россия

E-mail: stepmihgl@mail.ru

SIMULATION OF A THERMOSYPHONE-BASED PASSIVE HEAT REMOVAL SYSTEM FOR THE STORAGE PIT OF THE IVV-2M RESEARCH NUCLEAR REACTOR

Glukhov S.M.[1], Klimova V.A.[1], Tashlykov O.L.[1], Shumkov D.E.[1, 2], Lezov A.D.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

[2)] JSC "Institute of Reactor Materials", Zarechny, Sverdlovsk region, Russia

A simulation of operation modes of passive heat removal system of the IVV-2M research nuclear reactor irradiated fuel assemblies' storage pit was performed by the means of computational hydrodynamics.

Для поддержания ядерной безопасности необходимо обеспечить целостность оболочек твэлов тепловыделяющих сборок (ТВС), в том числе облученных топливных сборок (ОТВС) в бассейнах выдержки. В связи с этим сформулирована задача повышения надежности охлаждения шахты-хранилища ОТВС исследовательского ядерного реактора ИВВ-2М.

Шахта-хранилище представляет собой бак из нержавеющей стали, внутри которого размещены алюминиевые сепараторы для установки ОТВС. В штатном режиме теплоноситель (дистиллированная вода) в шахте-хранилище охлаждается с помощью змеевикового теплообменника, а также путем отвода тепла к окружающей среде за счет испарения и естественной конвекции [1].

В данной работе предложена система пассивного отвода тепла от шахты-хранилища при помощи термосифонов или тепловых труб. Термосифон представляет собой замкнутую трубку, внутри которой находится легкокипящий теплоноситель. На одном конце термосифона находится зона поглощения теплоты, в которой жидкость испаряется. Пары поднимаются вверх, к зоне отвода теплоты, где конденсируются, а конденсат стекает вниз по стенке термосифона. Тепловая труба имеет более сложную конструкцию: так называемый фитиль, представляющий собой пористую структуру, заполняет пространство прохода конденсата [2].

Термосифон или тепловая труба характеризуются тепловой мощностью (количеством отводимой теплоты) и рабочими температурами. Следовательно, для создания системы пассивного отвода теплоты необходимо подобрать термосифоны, которые будут наиболее эффективны в заданных условиях работы. Для этого был выполнен анализ остаточных тепловыделений ОТВС реактора ИВВ-2М [3].

Вторая задача работы – компьютерное моделирование системы пассивного отвода тепла. Моделирование было выполнено с помощью программного комплекса SolidWorks Flow Simulation. Для создания модели термосифона достаточно знать его термическое сопротивление, которое складывается из термических сопротивлений передачи теплоты от окружающей среды к стенке термосифона, стенки, фазового перехода, а также термического сопротивления, связанного с перепадом температур вдоль парового канала. Эти величины получают расчетными или экспериментальными методами.

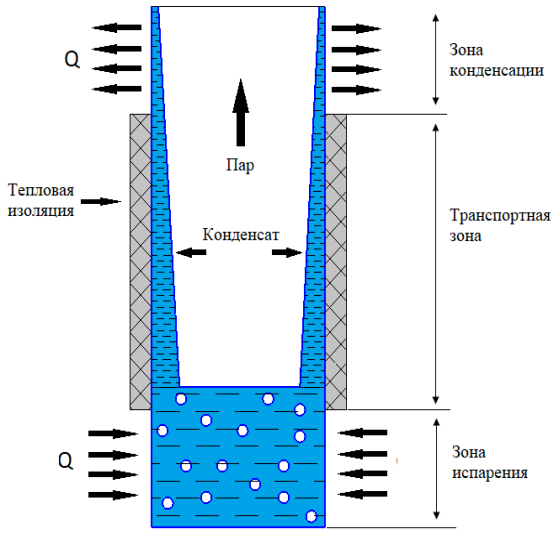


Рис. 1. Схема работы термосифона.

Компьютерная модель позволяет подтвердить эффективность отвода тепла от шахты-хранилища при помощи термосифонов, а также определить оптимальное расположение их по объему бака шахты-хранилища.

1. D. E. Shumkov, O. L. Tashlykov, S. S. Mingalimov, V. A. Klimova, Physics. Technologies. Innovation. FTI - 2019. [Electronic resource]: abstracts of the VI International Youth Scientific Conference dedicated to the 70th anniversary of the founding of the Physics and Technology Institute, Yekaterinburg, May 20-24, 2019 - Yekaterinburg: UrFU, 925-926 (2019).
2. L. O. Yakovlev, V. A. Klimova and S. E. Shcheklein, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 972 (1), 012008 (2020).
3. D. E. Shumkov, S. S. Mingalimov, O. L. Tashlykov, Innovations in nuclear power: [Electronic resource]: collection of articles. reports of the conference of young professionals (23-24 October 2019, Moscow). - M.: Publishing house of JSC "NIKIET", 705-711 (2019).

АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ MIMO OFDM

Гомазкова Л.К.[1], Семенов Е.С.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия
E-mail: gomazkova.lk@gmail.com

ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF THE MIMO OFDM MODEL

Gomazkova L.K.[1], Semenov E.S.[1]

[1)] Volgograd State University, Volgograd, Russia

Increasing the efficiency of data transmission of wireless OFDM communication systems is an urgent task. The paper presents a model of the MIMO OFDM system, and also studies the dependence of the appearance of an error in a frame (BER) on the number of transmitting and receiving antennas.

В настоящее время во всем мире идут активные работы по внедрению и расширению областей применения систем беспроводной передачи данных, радиосвязи, радиовещания и TV, использующих технологию ортогонального частотного мультиплексирования (OFDM). Использование данной технологии позволяет эффективно использовать отведенную полосу частот и бороться с помехами, возникающими при передаче полезной информации по радиоканалу при сохранении высоких скоростей передачи.

Область применения технологии OFDM весьма обширна. В беспроводных каналах связи эта технология используется во многих стандартах цифрового наземного телерадиовещания, в проводных же каналах связи она используется в стандарте кабельного цифрового телевизионного вещания DVB-C2 и передачи данных ADSL и VDSL. Также OFDM активно используется и в стандартах передачи данных IEEE 802.11a/g/n/ac, IEEE 802.16d/e, IEEE 802.16m, LTE и LTE-A и будущих сетей поколения 5G.

Существенными проблемами при передаче является медленное затухание боковых спектральных составляющих, приводящее к интерференции по соседнему каналу и появление переходных процессов, которые возникают в момент формирования защитного интервала. При приеме сигналов OFDM, проблемой является нарушение частотной синхронизации вследствие воздействия различного рода помех. Это приводит к появлению межсимвольной (МСИ) и межканальной интерференции (МКИ), нарушению ортогональности поднесущих и потери связи.

В связи с этим, анализ проблем и повышение эффективности передачи данных беспроводных систем связи с ортогональным частотным мультиплексированием видится актуальной задачей.

В системах с OFDM модуляцией передаваемая цифровая информация разделена на большое число низкоскоростных подканалов, длительность тактового интервала передачи каждой несущей весьма велика. Такое построение системы

преобразует широкополосный канал с одной несущей в большое число независимых узкополосных каналов с частотным разделением, что упрощает коррекцию параметров затухающего сигнала.

На основе изученных алгоритмов модуляции и демодуляции в технологии OFDM, была разработана и исследована модель системы MIMO OFDM (рис.1).

Система использует переменное количество передающих и приемных антенн. В любом кадре система работает с одной, двумя, тремя или четырьмя передающими или приемными антеннами. Количество передающих и приемных антенн является адаптивным и изменяется либо вручную, либо в соответствии с адаптационным алгоритмом.

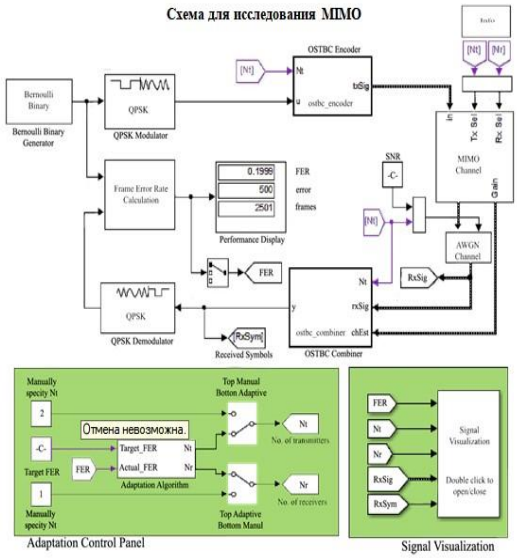


Рис. 1. Модель MIMO OFDM.

В ходе эксперимента по изменению количества приемно-передающих антенн и соотношения сигнал/шум, была снята зависимость появления ошибки в кадре (BER) от перечисленных выше параметров. Было выявлено, что при увеличении количества приемных и передающих антенн помехоустойчивость значительно увеличивается.

На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что оценка канала совместно с использованием технологии OFDM-MIMO позволяет значительно улучшить качество передачи в многолучевом канале с замираниями.

1. S. C. Yong, K. W. Jaekwon, Y. C. Young and G. Kang, MIMO-OFDM Wireless Communications with MATLAB, IEEE PRESS John Wiley & Sons (2010).
2. В. Б. Крейнделин, Цифровая обработка сигналов, 1, 45-48 (2011).
3. А. В. Исмаилов, Д. С. Кукушкин, Л. Н. Казаков, Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 10, 251-252 (2012).
4. А. Х. Султанов, И. К. Мешков, А. Г. Мешкова, В. В. Иванов, Физика волновых процессов и радиотехнические системы. Самарский университет, 69 (3), 17-21 (2017).
5. К. С. Калашников, Б. И. Шахтарин, Радиотехника и Электроника, 58 (3), 238–246 (2013).

ДЕКОДИРОВАНИЕ КОДОВ КОРРЕКЦИИ ОШИБОК С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Башкиров А.В.[1], Хорошайлова М.В.[1]

[1)] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

E-mail: pmv2205@mail.ru

DECODING ERROR CORRECTION CODES USING NEURAL NETWORKS

Bashkirov A.V.[1], Khoroshaylova M.V.[1]

[1)] Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Developed a back propagation algorithm for artificial neural networks for decoding block codes in the Matlab environment and it trained on all possible codewords for error detection / correction.

Был разработан метод для декодирования блочных кодов с использованием искусственных нейронных сетей, и вычислен вектор ошибок для обновления синаптических весов во время обучения [1, 2].

Сеть обратного распространения не имеет обратной связи, но ошибки распространяются обратно во время обучения. Наименьшая среднеквадратичная ошибка используется для коррекции синаптических весов. Ошибки на выходе скрытого слоя используются в качестве основы для корректировки весов связи между входным и скрытым слоями. Параметры скорости обучения масштабируют корректировки весов.

Для моделирования использовалась сеть только с одним скрытым слоем, и количество нейронов во входном и выходном слоях определяется размерами входной и выходной моделей соответственно.

Используемая нейронная сеть представляет собой многослойный персептрон. В этой сети алгоритм обратного распространения использовался в режиме обучения для настройки весов связей, существующих между входным и скрытым слоями, а также между скрытым слоем и выходным слоем. Все узлы с узлами в соседнем слое были соединены через однонаправленные связи.

Самой важной частью этой реализации было обучение сети. Первоначально всем синаптическим весам были даны небольшие случайные значения. Затем блоки сообщений вместе с их кодовыми словами вводились в сеть. Для каждого входа сеть обеспечивала соответствующий выход. Этот вывод сравнивался с фактическим исходным символом. Разница между этими результатами рассчитывалась, и это составляло функцию ошибки, которая распространялась обратно по сети, и веса корректировались до тех пор, пока ошибка не была уменьшена в соответствии с указанной функцией ошибки, которая может быть изменена в соответствии с требованиями и приложением.

Чем меньше предполагаемая ошибка, тем больше времени требуется для обучения сети.

На рисунке 1 показана кривая тестирования с одним скрытым слоем и процентом точности в полученных битах, которая показывает, что максимальная точность, которую можем достичь, составляет 98% в случае одного скрытого слоя.

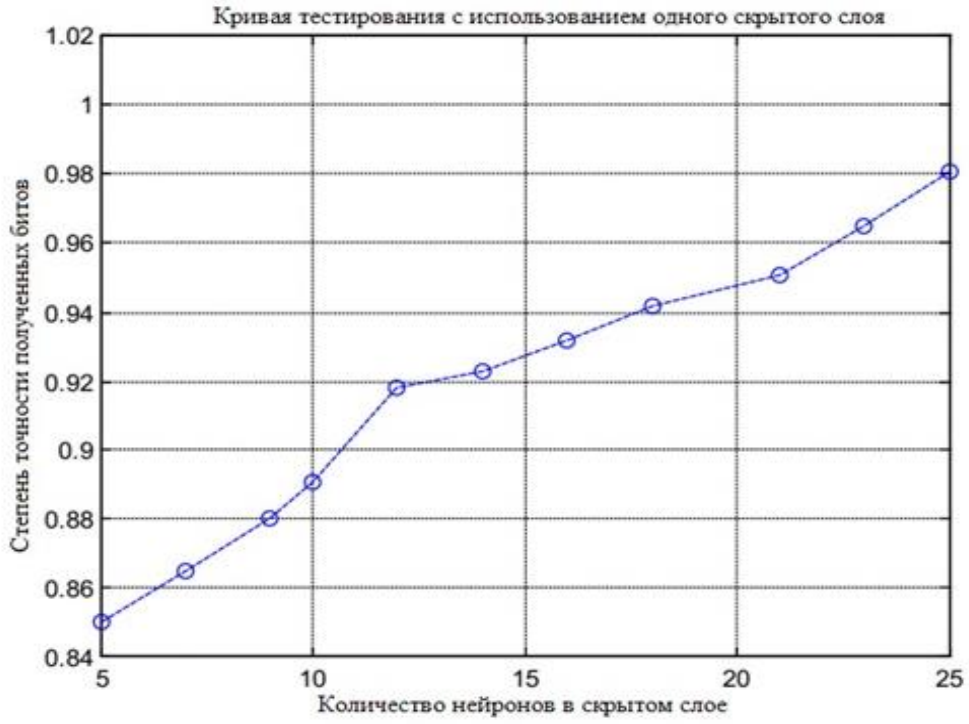


Рис. 1. График декодированных бит с использованием одного скрытого слоя.

Согласно расчетам и результатам, количество скрытых слоев может изменить время достижения точности, но уровень точности почти такой же, может быть разница в 1 или 2 процента.

При обучении сети на различных кодах было замечено, что количество нейронов во входном и выходном слоях может быть точно определено, поскольку они зависят от битов сообщения в кодовом слове. Но сложно указать количество нейронов в скрытом слое. Следовательно, больше времени уходит на выбор различных значений нейронов скрытого слоя, параметра скорости обучения, а также количества циклов, необходимых для обучения сети, чтобы выходные данные сходились для указанного значения допустимости ошибок.

1. Berber S.M. IEEE Trans. Communications. 2, 1551-1556 (2004).
2. Хорошайлова М.В. Вестник Воронежского государственного технического университета. 14(2), 99-105 (2018).

ИЗУЧЕНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ ПО РЕМОНТУ И РЕСТАВРАЦИИ УНИКАЛЬНОГО ИСТОРИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА «ДОМ МАРФЫ СЕМЕНОВНЫ КРЮКОВОЙ», РАСПОЛОЖЕННОГО В ДЕРЕВНЕ НИЖ

Иванова Е.Д.[1]

[1)] Северный Арктический Федеральный Университет им. М. В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

E-mail: ivanova.liza97@mail.ru

RESEARCH AND PLANNING OF WORKS ON REPAIR AND RESTORATION OF THE UNIQUE HISTORICAL OBJECT "HOUSE OF MARFA SEMENOVNA KRYUKOVA", LOCATED IN THE NIZHNAYA

Ivanova E.D.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

The house of Marfa Semyonovna Kryukova is a unique historical object.Based on the survey results, a project for the repair and restoration was developed. Project work, was carried out to recreate the original appearance of the object using software designed for architectural and engineering design.

Активное применение 3D-технологий в историко-культурологических исследованиях началось более четверти века назад. Однако, несмотря на постоянное увеличение числа масштабных 3D-проектов в России и за рубежом, вопрос об эффективности использования методов трехмерной визуализации и «виртуальной реальности» с точки зрения достижения поставленных научных и образовательных целей является предметом для дальнейших размышлений и обсуждений.

Дом Марфы Семеновны Крюковой является уникальным историческим объектом. На сегодняшний день здание находится в аварийном состоянии и требует ремонта. Проведено обследование технического состояния строительных конструкций. В результате обследования установлено, что здание представляет определённую опасность для пребывания людей. На основании результатов обследования был разработан проект по ремонту и восстановлению объекта.

В исследовании была проведена работа по воссозданию первоначального облика объекта при помощи программных обеспечений, предназначенных для архитектурного и инженерного проектирования.

1. Фольклорное наследие Марфы Семеновны Крюковой из деревни Нижняя Золотица Приморского района Архангельской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.culture.ru/objects/2857/folklornoe-nasledie-marfy-semenovny-kryukovoi-iz-derevni-nizhnyaya-zolotica-primorskogo-raiona-arkhangelskoi-oblasti

О ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ И МЕТОДАХ РАСПОЗНАВАНИЯ

Касоян К.Ф.[1], Соловьева С.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: kasoyan.98@mail.ru

ABOUT AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY AND RECOGNITION METHODS

Kasoyan K.F.[1], Solovyova S.N.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Description of augmented reality technology and recognition methods

Дополненная реальность представляет собой наложенную на внешний мир информацию, которую с помощью специальных устройств можно считать в реальном времени с целью улучшения восприятия информации и получения дополнительных сведений [1].

Развивающаяся технология дополненной реальности имеет большой потенциал. На сегодняшний день она активно внедряется во многие сферы, но для реализации нужен инструментарий, который позволит считать информацию:

- на основе маркера;
- на основе координат местоположения пользователя.

Рассмотрим систему распознавания маркеров дополненной реальности в реальном мире с помощью камеры устройства.

Под маркером понимается объект, расположенный в окружающем пространстве, который находится и анализируется специальным программным обеспечением для последующей отрисовки виртуальных объектов. На основе информации о положении маркера в пространстве, программа может достаточно точно спроецировать на него виртуальный объект, от чего будет достигнут эффект его физического присутствия в окружающем пространстве [2].

Создание системы распознавания маркеров дополненной реальности состоит из следующих этапов:

- распознавание маркеров в реальном мире с помощью камеры устройства;
- преобразование их координаты в виртуальную среду;
- наложение объектов на маркеры.

Таким образом, создается мир дополненной реальности. Но при создании данной системы разработчик сталкивается со множеством проблем [3]. Одна из них заключается в выборе метода распознавания и алгоритма обработки изображения для создания такой системы. Для решения этой проблемы необходимо сначала выбрать конкретную группу изображений, который нужно будет распознать в дальнейшем, т.е. решить, что будет являться маркером.

Целью работы является выбор наилучших методов и алгоритмов, используемых при создании системы распознавания маркеров дополненной реальности для мобильных устройств.

Для достижения данной цели необходимо:

- произвести литературно-аналитический обзор существующих технологий,
- выделить их преимуществ и недостатков,
- выбрать наилучший для реализации системы распознавания маркеров дополненной реальности.

1. K. F. Kasoyan, AIP Conf. Proceed. 2174, 020115 (2019).
2. И. А. Благовещенский, Н. А. Демьянков, Моделирование и анализ информационных систем, 20 (2013).
3. K. F. Kasoyan and V. I. Rogovich, AIP Conf. Proceed. 2313, 070008 (2020).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДРЕВОВИДНЫХ ТЕПЛОВЫХ СТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ В ПАКЕТЕ COMSOL MULTIPHYSICS

Керекелица И.В.[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: ivan.kerekelica@mail.ru

MODELING THERMAL TREE STRUCTURES ON A WATER SURFACE IN COMSOL MULTIPHYSICS

Kerekelitsa I.V.[1], Zvonarev K.V.[1], Martyushev L.M.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The movement of the heated fluid is modeled using Comsol Multiphusics software. Tree-like temperature structures are obtained on the surface of the water. This result is consistent with previous observations and modeling.

Ранее в эксперименте [1] на поверхности нагретой воды были обнаружены с помощью тепловизора необычные распределения температуры древовидной формы: ветви, расходящиеся от центра слоя жидкости, с температурой до 3 °C ниже, чем на остальной поверхности.

Для изучения данного явления был проведен численный расчет в пакете ANSYS FLUENT с использованием метода контрольных объёмов (МКО) [2]. При использовании МКО для численного интегрирования расчетная область разбивается на отдельные замкнутые объемы, внутри которых рассчитываются законы сохранения массы и энергии. В этом расчете древовидные тепловые структуры удалось воспроизвести. Однако, интересно получить тепловые структуры с помощью классических расчётных методов. Для этой задачи был выбран пакет

COMSOL Multiphysics, который использует метод конечных элементов. Суть метода заключается в использовании произвольной аппроксимирующей функции в каждом элементе объёма, вне которого она обращается в ноль, а в узлах сетки значение функции являются решением задачи и заранее не известны. Цель данной работы – численно смоделировать наблюдаемое явление в пакете COMSOL Multiphysics и сравнить полученные результаты.

Расчетная область представляет собой цилиндрический слой воды высотой 0.7 см и диаметром 9 см. Течение несжимаемой жидкости считается ламинарным и описывается уравнениями Навье - Стокса, неразрывности и состояния. Нижняя и боковая поверхности слоя воды неподвижны (скорость жидкости обращается в ноль) и находятся при постоянной температуре 43 °C. На верхней поверхности учитывается суммарный тепловой поток, который состоит из потока за счет испарения и потока за счет конвекции [3]. В расчете учитывается капиллярная конвекция, которая задана силой поверхностного натяжения. Температура окружающей среды и начальная температура воды равна 25 °C.

Был проведен нестационарный расчет на тетраэдрической сетке с размером элемента 0.5 мм в течении 120 секунд. За это время средняя температура поверхностного слоя и тепловой поток стабилизируются. В результате были получены тепловые древовидные структуры на поверхности воды (рис.1), которые качественно согласуются с ранее полученными в эксперименте и численно.

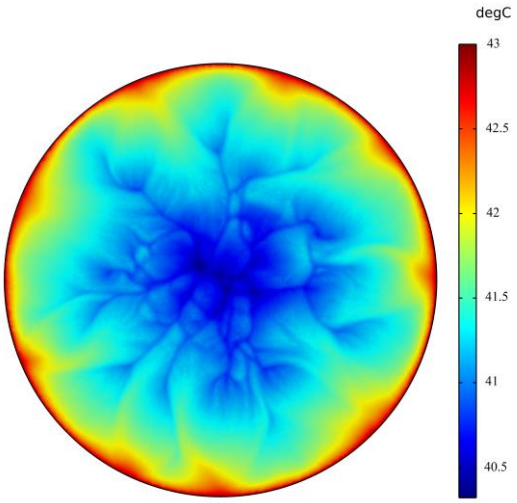


Рис. 1. Пример древовидных структур на поверхности воды, полученных в результате расчета

1. D. A. Rusova, L.M. Martyushev, AIP Conf. Proceed. 2174, 020162 (2019).
2. D. A. Rusova, K. V. Zvonarev, and L. M. Martyushev, AIP Conf. Proceed. 2313, 070013 (2020).
3. E. Sparrow, G. Kratz and M. Schuerger, ASME J Heat Transfer. 105, 469–475 (1983).

СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ СМАРТФОНА С ИНТЕРФЕЙСОМ BLUETOOTH

Хорошев А.А.[1], Огородников И.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г Екатеринбург, Россия

E-mail: tol1017@ya.ru

SMARTPHONE-BASED DATA ACQUISITION SYSTEM WITH BLUETOOTH INTERFACE

Khoroshev A.A.[1], Ogorodnikov I.N.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This paper considers the possibilities of implementing a communication channel between a smartphone and microcontrollers of the STM32 series. In particular, the implementation using the Bluetooth interface is considered.

Современные тенденции развития внешних, аппаратурных или вспомогательных средств складываются таким образом, что все разработчики пытаются отойти от стандартных материальных кабелей связи – создаются беспроводные наушники, компьютерные мыши без надобности соединения с ПК посредством интерфейса USB. Несмотря на очевидное усложнение процесса разработки и производства продукта с беспроводными технологиями, это пользуется большой популярностью на рынке. Одним из беспроводных методов связи между двумя устройствами является интерфейс Bluetooth.

Целью данной работы является разработка последовательного канала связи с помощью интерфейса Bluetooth между смартфоном на ОС Android и микроконтроллером серии STM32, рассмотрение основных альтернативных путей реализации помимо представленного. Для этого необходимо было создать приложение под ОС Android, которое будет управлять поведением всей остальной схемы через Bluetooth модуль.

В рамках поставленной задачи была собрана схема с датчиком DHT11, который передаёт данные на STM32L100-DISCO, модулем Bluetooth Troyka-BLE и смартфоном. Структурная схема представлена на рисунке 1.

По нажатию на соответствующую кнопку внутри разработанного приложения на смартфоне, на Bluetooth модуль отправляется команда, запрашивающая данные с датчика DHT11 через микроконтроллер. После взаимодействия датчика с управляющей платой, данные от датчика поступают на Bluetooth модуль через плату обратно на смартфон.

Было написано программное обеспечение для микроконтроллера серии STM32 на языке C с помощью слоя аппаратных абстракций HAL. Данная программа управляет взаимодействием отладочной платы и датчика через цифровой

вход платы и взаимодействием между платой и Bluetooth модулем посредством интерфейса UART (с помощью функций обратного вызова UART).

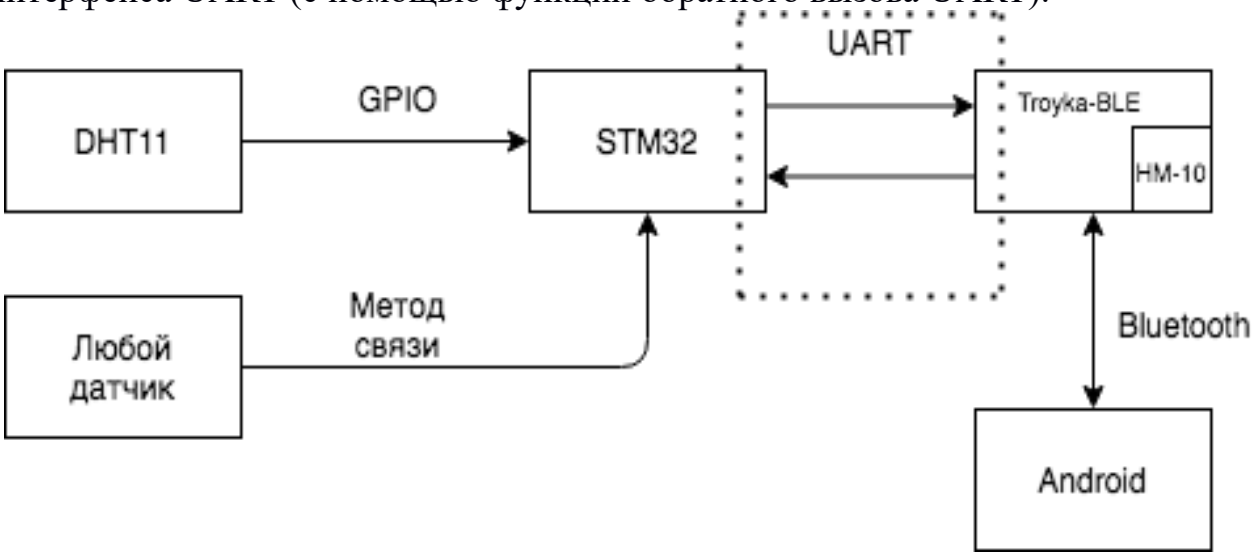


Рис. 1. Структурная схема

Также было написано программное обеспечение для смартфона под ОС Android на языке Kotlin с применением нескольких сторонних библиотек.

Концепция многопоточности в Android разработке требует выполнение “тяжелых” операций в фоновом потоке, для того что бы не блокировать действия пользователя. Обращение к стороннему Bluetooth устройству, запись в него какой-либо информации является операцией, которую необходимо проводить в фоновом потоке. Для решения этой проблемы использовалась библиотека BleGattCoroutines, в которой процесс взаимодействия между смартфоном и сторонним Bluetooth устройством осуществляется посредством корутин -программных модулей, особым образом организованных для обеспечения взаимодействия с другими модулями по принципу кооперативной многозадачности [1].

Также была использована библиотека HILT для реализации принципа инверсии зависимостей (dependency inversion). Данный принцип позволяет сократить общее количество кода при получении ссылок на сервисы, используемые между классами. Для реализации концепции отделения логики представления данных от бизнес-логики используется шаблон архитектуры клиентских приложений Model-View-ViewModel (MVVM).

1. Статья о сопрограммах [Электронный ресурс] // google-info.org 2020 - URL:https://google-info.org/161451/1/soprogramma.html (дата обращения 30.12.2020 г.).
2. Документация к библиотеке BleGattCoroutines [Электронный ресурс] // LouisCAD,wcauchois,Miha-x64 – URL: https://github.com/Beepiz/BleGattCoroutines (дата обращения 30.12.2020 г.).

ОПТИМАЛЬНЫЙ ПО ВРЕМЕНИ АЛГОРИТМ НАВЕДЕНИЯ МЕХАНИЗМА ПЕРЕГРУЗКИ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА В РЕАКТОРАХ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

Кинева Д.А.[1], Долгий Ю.Ф.[1], Сесекин А.Н.[1], Ташлыков О.Л.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

E-mail: Kineva-97@yandex.ru

TIME-OPTIMAL GUIDANCE ALGORITHM OF THE NUCLEAR FUEL LOADING MECHANISM IN FAST NEUTRON REACTORS

Kineva D.A.[1], Dolgii Y.F.[1], Sesekin A.N.[1], Tashlykov O.L.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A time-optimal control algorithm for the mechanism of reloading nuclear fuel for a fast reactor is proposed. A comparison is made with the known results.

Периодически в связи с выгоранием топлива в ядерных реакторах на АЭС осуществляется перегрузка ядерного топлива. В связи с тем, что на время перегрузки реактор останавливается (за исключением реакторов типа РБМК-1000), это ведет к недовыработке электроэнергии на АЭС. Поэтому необходимо сокращать время на перегрузки топлива. Задача минимизации суммарного времени перегрузки состоит в определении очередности перемещения тепловыделяющих сборок (ТВС). В качестве вспомогательной задачи возникает задача о минимизации времени перемещения захвата механизма перегрузки ТВС из одного заданного положения в другое. Используя результат последней задачи, мы можем определить для заданной очередности перемещений ТВС суммарное время на перегрузку ядерного топлива (оптимизируемый функционал). Это, в свою очередь, позволит решить маршрутную задачу оптимизации суммарного времени перегрузки ТВС.

Особенность механизмов перегрузки ядерного топлива в реакторах на быстрых нейтронах БН-600 и БН-800 состоит в том, наведение механизма перегрузки на координаты топливной сборки, его перемещение в реакторе осуществляется в результате взаимного вращения двух (БН-600) или трех (БН-800) цилиндров, называемых поворотными пробками, расположенными эксцентрично [1]. Заметим, что, например, в реакторе ВВЭР-1000 операция перегрузки топлива осуществляется с помощью перегрузочной машины, представляющей собой напольный мостовой кран.

В работе [2] построена математическая модель механизма перегрузки ядерного топлива, состоящего из трех вращающихся пробок. Предложенная модель реализована с помощью уравнений Лагранжа второго рода. Эта модель является существенно нелинейной и трудна для исследования. В связи с этим в работе [2]

был рассмотрен вариант задачи, когда поворотные пробки вращаются последовательно. Для оптимизации поворота одной пробки использовался результат из [3]. В итоге задача была сведена к задаче нелинейного программирования с тремя переменными. В этой работе рассматривается случай, когда одновременно могут вращаться большая и средняя пробки. Построен оптимальный алгоритм управления. Проведено сравнение с результатами работы алгоритмов из работ [2,4].

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 20-08-00873).

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. Yu.F. Dolgii, A.N. Sesekin, O.L. Tashlykov, K.T. Tran. AIP. Conf. Proceed. 2172, 070015 (2019).
3. Yu.F. Dolgii, A.A. Petunin, A.N. Sesekin, O.L. Tashlykov, E.Z. Zaynullina. AIP. Conf. Proceed. 2048, 020007 (2018).
4. Yu.F. Dolgii, A.N. Sesekin, O.L. Tashlykov, I.S. Butymov. AIP Conf. Proceed. 2312, 050004 (2020).

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОВЫХ ТЕЧЕНИЙ В МОЛЕКУЛЯРНОМ НАСОСЕ ХОЛЬВЕКА

Кириченко В.А.[1], Токманцев В.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: kirichenko.vadim.a@yandex.ru

NUMERICAL SIMULATION OF GAS FLOWS IN THE HOLWECK MOLECULAR PUMP

Kirichenko V.A.[1], Tokmantsev V.I.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The gas flow field in the Holweck molecular pump with spiral grooves was calculated. The pressure overfall, depending on the gas rarefaction and the geometric characteristics of the pump, was studied.

Одной из основных проблем для центрифужной технологии разделения является создание оптимальных условий для работы вращающего ротора центрифуги. Наличие плотной среды, контактирующей с внешней поверхностью ротора, создаёт высокое сопротивление вращению. Это приводит к необходимости вакуумирования зазора между ротором и корпусом центрифуги. С этой целью обычно применяются молекулярные уплотнения (насосы Хольвека). Для описания течения разреженного газа в таком молекулярном уплотнении необходимо использовать кинетическое уравнение для функции распределения по координатам и скоростям молекул.

В настоящей работе исследуются кинетические особенности течения газа в молекулярном уплотнении с точки зрения возможности оптимизации расчетов, что необходимо для дальнейшего повышения точности производства и улучшения рабочих характеристик.

Рассматривается газ в промежутке высотой H между быстро вращающимся с угловой частотой Ω внутренним цилиндром радиусом r1 и неподвижным внешним цилиндром радиусом r2. На внутренней поверхности внешнего цилиндра задаются упрощенные граничные условия, имитирующие множественные канавки в виде спиралей. Температура стенок цилиндра задана и поддерживается постоянной. Показано, что степень сжатия газа в уплотнении существенно зависит от граничных условий на стенках уплотнения, режима течения и значительно превышает единицу при скорости вращения, порядка местной скорости звука.

1. Р. Либов. Введение в теорию кинетических уравнений. М.: Мир (1974).
2. В.И. Токманцев, В.А. Палкин. Атомная энергия. 123(1), 40-44 (2017).

ОБРАБОТКА ДАННЫХ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ ВТОРИЧНЫХ ИОНОВ: АНАЛИЗ ПРОБ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ ЗА 2020 ГОД

Киселев С.С.[1], Александров О.Е.[1], Коваленко М.А.[1], Купряжкин А.Я.[1], Маркелов Ю.И.[2], Поддубный В.А.[2], Щелканов А.А.[2], Гадельшин В.М.[1, 2, 3]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[3)] Майнцский университет имени Иоганна Гутенберга, г. Майнц, Германия
E-mail: avtofan96rus@gmail.com

DATA PROCESSING OF SECONDARY ION MASS SPECTROMETRY: ANALYSIS OF ATMOSPHERIC AEROSOL SAMPLES FROM 2020

Kiselyov S.S.[1], Aleksandrov O.E.[1], Kovalenko M.A.[1], Kupryazhkin A.Ya.[1], Markelov Y.I.[2], Poddubny V.A.[2], Shchelkanov A.A.[2], Gadelshin V.M.[1, 2, 3]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Industrial Ecology UB RAS, Yekaterinburg, Russia
[3)] Johannes Gutenberg University Mainz, Germany

The results of secondary ion mass spectrometry of aerosol samples, collected in 2020 at the Institute of Industrial Ecology, are discussed. The data processing tool is introduced to identify mass peaks and corresponding chemical compounds.

Современное развитие мировой экономики, промышленности и сельского хозяйства неразрывно связано с экологической нагрузкой, которую они оказывают на окружающую среду. Особенно важно контролировать уровень загрязнения атмосферы, поскольку оно оказывает прямое влияние на качество жизни всех экосистем. Существенную опасность представляют высокие концентрации искусственных аэрозолей – твёрдых летучих микрочастиц, выбрасываемых в воздух как результат человеческой деятельности. Анализ химического состава и структуры аэрозольных микрочастиц позволяет не только получить информацию об уровне опасности для здоровья населения, но и идентифицировать источники загрязнений [1], помогает определить причины и последствия техногенных аварий [2].

В докладе представлены результаты обработки данных масс-спектрометрических исследований образцов атмосферного аэрозоля, собранных в 2020 году. Аэрозольные микрочастицы отбирались аспирационным методом на фильтры КФБЖ и АФА на территории Института промышленной экологии УрО РАН в городе Екатеринбург [3]. Без последующей пробоподготовки, чтобы избежать каких-либо изменений в химическом составе или структуре микрочастиц, образцы фильтров были напрямую исследованы на времяпролётном масс-спектрометре вторичных ионов на кафедре технической физики Уральского федерального университета.

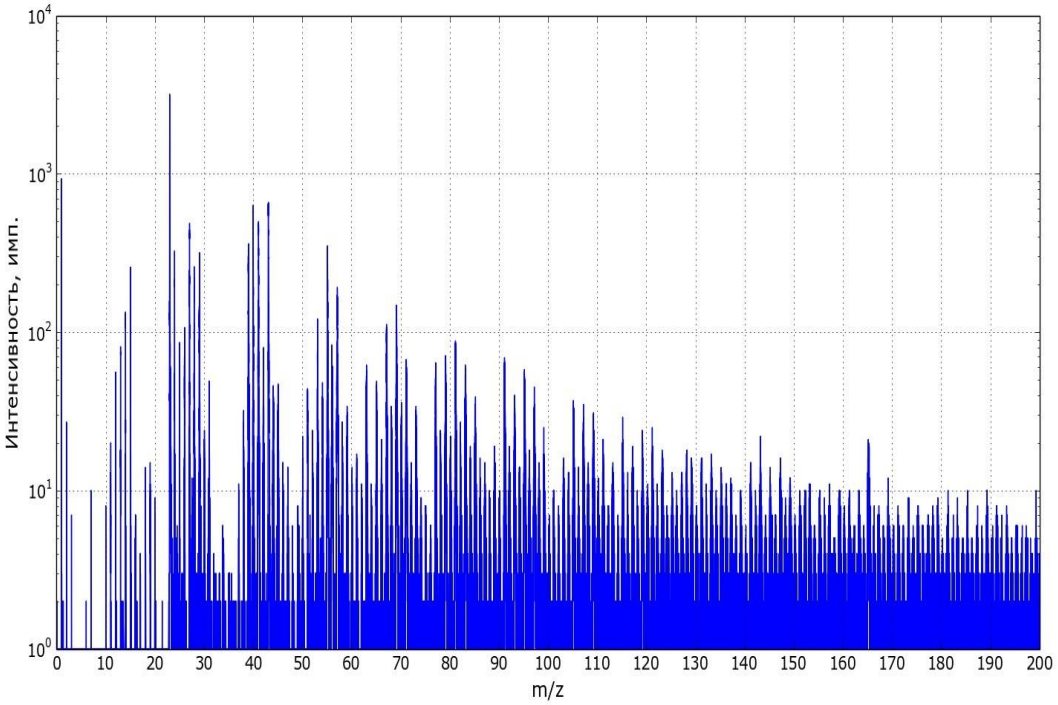


Рис. 1. Типичный масс-спектр вторичных ионов в логарифмическом масштабе, полученный в результате анализа пробы атмосферного аэрозоля, отобранной на фильтр летом 2020 г.

Ключевая роль в работе отводится расшифровке полученных масс-спектров: для качественного анализа химического состава необходимо найти соответствие между полученными пиками и предполагаемыми атомными или молекулярными ионами с тем же отношением массы к заряду. Для автоматизации обработки масс-спектров разрабатывается специальный программный комплекс, позволяющий выводить результаты анализа в требуемом оператором виде; предпринимаются шаги по созданию единой базы химических соединений и характерных им масс-спектров для упрощения идентификации пиков.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-05-50138.

1. D. Huang et al., Analytica Chimica Acta, 989, 1-14 (2017).
2. Н. Н. Вениаминов, Перспективные материалы, S14, 123-127 (2013).
3. А. А. Щелканов и др., Физика. Технологии. Инновации: сборник статей VII Международной молодежной научной конференции, 268-277 (2020).

АНАЛИЗ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПАТТЕРНОВ В МОДЕЛЯХ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ДИНАМИКИ

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

STOCHASTIC SENSITIVITY ANALYSIS OF PATTERNS IN POPULATION DYNAMICS MODELS

Kolinichenko A.P.[1], Ryashko L.B.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work a population dynamics model is considered. In diffusion instability zone the system generates a variety of Turing patterns. The stochastic sensitivity function (SSF) technique is applied to estimate stochastic sensitivity of patterns and analyze self-organization dynamics of the system.

Пространственная самоорганизация в моделях нелинейной динамики вызывает интерес исследователей в разных областях естествознания [1-4]. В частности, подобные процессы изучаются в моделях популяционной динамики. Одним из механизмов самоорганизации является диффузионная неустойчивость, способствующая возникновению устойчивых пространственно-неоднородных структур.

Рассматривая подобные модели, важно учитывать влияние случайных возмущений. Разработка математического аппарата и алгоритмов анализа стохастических феноменов – важная задача современной науки.

В данной работе исследована модель популяционной динамики. Показано, что в параметрической зоне диффузионной неустойчивости система формирует пространственно-неоднородные структуры (паттерны). Модель проявляет мультистабильность, при одних и тех же параметрах может быть получено несколько паттернов. Под влиянием шума наблюдаются стохастические переходы между сосуществующими паттернами. С помощью метода функций стохастической чувствительности (ФСЧ) исследован разброс случайного состояния относительно пространственных паттернов.

Применение метода к анализу процессов самоорганизации в популяционных моделях рассмотрено на примерах.

1. G. Nicolis and I. Prigogine, Self-Organization in Nonequilibrium Systems. NY, Wiley (1977).
2. M. Cross and H. Greenside, Pattern Formation and Dynamics in Nonequilibrium Systems. Cambridge: Cambridge University Press (2009).
3. A. Kolinichenko and L. Ryashko, J. Comput. Nonlinear Dynam. 15, 011007 (2020).

4. A. Kolinichenko, A.N. Pisarchik and L. Ryashko, Phil. Tr. Royal Soc. A 378, 20190252 (2020).

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНЫХ РЕКУРРЕНТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ С МЕХАНИЗМОМ ВНИМАНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ В РАБОТЕ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

Коцоев К.И.[1], Кацер Ю.Д.[2, 3], Козицин В.О.[2, 3]

[1)] МГТУ им. Баумана, Москва, Россия
[2)] Сколтех, Москва, Россия
[3)] ЧУ «Цифрум», Москва, Россия
E-mail: kotsoevk@mail.ru

APPLICATION OF CONVOLUTIONAL RECURRENT NEURAL NETWORKS WITH ATTENTION MECHANISM TO DETECT ANOMALIES IN NPP EQUIPMENT OPERATION

Kotsoev K.I.[1], Katser Iu.D.[2, 3], Kozitsin V.O.[2, 3]

[1)] Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia
[2)] Skoltech, Moscow, Russia
[3)] Private Enterprise “Cifrum”, Moscow, Russia

We present the results of numerical experiments with the MSCRED algorithm, based on a convolutional recurrent autoencoder with an attention mechanism, to detect anomalies in the operation of NPP equipment. The results are superior to some of the well-known algorithms used to monitor equipment health

Неисправности и отказы оборудования на АЭС могут привести к катастрофическим последствиям, кроме того, простои оборудования могут приводить к серьезным финансовым потерям и штрафам. В то же время, соблюдение и повышение требований безопасности необходимо выполнять без установки дорогих дополнительных систем диагностики или установки большого числа дополнительных измерительных каналов для сбора дополнительной диагностической информации. Наконец, неисправности оборудования и аномалии в процессах признаются МАГАТЭ как один из текущих вызовов на АЭС.

На сегодняшний день существует большое число работ, посвященных применению методов машинного обучения и анализа данных для диагностирования оборудования АЭС [1,2], так как они способны находить недоступные человеку зависимости и полезную диагностическую информацию в уже собранных данных. Однако во многих областях, типа компьютерного зрения или обработки естественного языка, недавно получившие распространение алгоритмы на ос-

нове глубоких нейронных сетей показывают лучшие результаты при решении типовых задач. В области технической диагностики и поиска аномалий во временных рядах ситуация схожая.

Мы представляем результаты численных экспериментов с алгоритмом MSCRED (Multi-Scale Convolutional Recurrent Encoder-Decoder) [3], основанном на сверточном рекуррентном автокодировщике с механизмом внимания, для обнаружения аномалий в работе оборудования АЭС. Результаты превосходят некоторые хорошо известные алгоритмы, использовавшиеся для мониторинга состояния оборудования. Алгоритм реализован на языке программирования python. Преимуществами алгоритма являются:

- возможность обучаться только на безаварийном режиме работы оборудования;
- возможность выявлять и моделировать сложные нелинейные зависимости между различными сигналами, в том числе от прошлых значений сигналов;
- устойчивость к шуму в данных;
- возможность выявлять множества параметров (каналов), совокупность которых ведет себя аномально.

1. J. Ma and J. Jiang, Prog. Nucl. Energy. 53, 255–266 (2011).
2. Ю. Д. Кацер, В. О. Козицин, И. В. Максимов, Известия Высших Учебных Заведений, Ядерная Энергетика, 4, 5-27, (2019).
3. C. Zhang, D. Song, Y. Chen, X. Feng, C. Lumezanu, W. Cheng, J. Ni, B. Zong, H. Chen & N. V. Chawla, Proceedings of the 33rd AAAI Conference on Advance of Artificial Intelligence (AAAI), 33, 1409-1416 (2019).

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА ОСНОВЕ УЧЕТА ДЕФЕКТНОСТИ ПРОВОДОВ И ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ

Лисовенко А.С.[1], Лимановская О.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: 70dog@mail.ru

MODELING THE STATE OF AN OVERHEAD POWER LINE BASED ON TAKING INTO ACCOUNT THE DEFECTIVENESS OF CABLES AND WEATHER CONDITIONS

Lisovenko A.S.[1], Limanovskaya O.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

To assess the technical condition index in this work, it is proposed to use agent-based modeling, where the components of the power transmission line act as agents. This approach makes it possible to implement automatic tracking of the technical condition indices.

Состояние воздушной линии электропередачи (ВЛ) оценивается индексом технического состояния [1], который является совокупной оценкой состояний составных частей линии, а именно опор, изоляторов, проводов, гасителей вибрации и т.д. Автоматизация отслеживания состояния ВЛ на данный момент является одной из центральных задач цифровизации в электроэнергетике.

Для оценки индекса технического состояния в данной работе предлагается использование агентного моделирования, где в виде агентов выступают составные части линии электропередачи. Данный подход позволяет реализовать автоматическое отслеживание индексов технического состояния при занесении в модель данных об обследованиях ВЛ, а также позволяет делать прогнозы на последующие состояния линии электропередачи при различных задаваемых условиях. Реализованная агентная модель позволяет отобразить и предсказать изменение состояния ВЛ с помощью иерархической связи влияющих друг на друга агентов модели.

Например, в агентной модели выделяется агент Провод, который при входных параметрах окружающей среды, которая также описывается агентом в модели, пересчитывает механические параметры, геометрию и габариты наблюдаемого провода с помощью включенного в агентную модель программного решения уравнения теплового баланса провода и уравнения состояния провода. На основе новых значений агент пересчитывает свое состояние, что, в свою очередь, повлияет на индекс технического состояния агентов верхнего уровня.

Для визуализации агентной модели строится интерактивная 3D-модель линии электропередачи, на которую помещаются результаты лазерного сканирования пролетов ВЛ, на основе которых происходит оценка габаритов проводов в этих

пролетах. В результате разрабатываемая агентная модель с визуализацией в трехмерном виде дает мощный и наглядный инструмент для отслеживания и прогнозирования состояния линии электропередачи.

1. Методика оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей: Министерство энергетики Российской Федерации, ПРИКАЗ N 676, Введ. с 26.07.2017 г. - 94 с.

МАЛОГАБАРИТНАЯ АЭС МАЛОЙ МОЩНОСТИ С ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ ДЛЯ АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Литвинов Д.Н.[1], Костарев В.С.[1], Ширманов И.А.[1], Щеклеин С.Е.[1], Мищихин А.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: dan1l.litvinov@ya.ru

SMALL-SIZED LOW-POWER NUCLEAR POWER PLANT WITH LIQUID METAL COOLANT FOR ARCTIC CONDITIONS

Litvinov D.N.[1], Kostarev V.S.[1], Shirmanov I.A.[1], Scheklein S.E.[1], Mishchihin A.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The paper presents the results of computer simulation of the design of the cycle arrangement of a low-power nuclear power plant with a liquid metal coolant based on the SVBR-100 reactor, intended for operation in Arctic conditions. The simulation was performed using the United Cycle CAD system.

В настоящее время энергоснабжение большинства Арктических территорий осуществляется дизель-электрическими станциями. Ежегодный завоз топлива для автономных ДЭС составляет более 1 млн. тонн [1]. Себестоимость производимой энергии достигает 300-400 руб. за кВт-ч.

Единственным способом удовлетворить потребность данных регионов в электроэнергии является внедрение локальных комплексов на базе АС малой мощности, поскольку природные и климатические условия данных регионов не позволяют повсеместно использовать электрогенерирующие мощности, основанные на преобразовании солнечной, ветровой или приливной энергии [2].

В настоящее время Россия занимает передовые позиции в мире в области разработки и создания малых модульных ядерных реакторов в широком диапазоне мощностей – от 100 кВт до 50 МВт (электрических).

Российскими проектными и исследовательскими организациями накоплен значительный опыт разработки и эксплуатации реакторных установок различной мощности, в том числе транспортных энергетических установок, наиболее схожих с объектами малой атомной энергетики по потребительским параметрам, режиму эксплуатации и диапазону мощностей. Несмотря на это, конструктивный и технологический облик АСММ для серийной реализации, а также правовая база для ее эксплуатации на сегодняшний день не сформированы. Из числа многочисленных проектных предложений этим требованиям в полной мере отвечают АЭС с реакторами на быстрых нейтронах.

В работе представлен проект тепловой схемы АЭС малой мощности с жидкометаллическим теплоносителем на основе РУ СВБР-100, предназначенной для эксплуатации в арктических условиях. Моделирование тепловой схемы выполнено в САПР United Cycle. Значение КПД нетто, полученное в результате моделирования, составило 39,17%.

1. A. O. Pimenov, D. G. Kulikov, E. N. Goltsov and G. I. Grechko, NefteGaz.Ru Business Magazine. 1, 24-29 (2018).
2. M. V. Kovalchuk, O. S. Naraikin, V. S. Ustinov, A. V. Frolov, E. P. Kaplar and V. V. Kushtan, NefteGaz.Ru Business Magazine. 5, 26-30 (2020).
3. D. O. Smolentsev, Arctica: Ecology and Economy. 3, 22-29 (2015).

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЯТИПОТОЧНЫХ КАСКАДОВ С ЗАДАННЫМ ЧИСЛОМ ГАЗОВЫХ ЦЕНТРИФУГ В СТУПЕНЯХ ДЛЯ ОЧИСТКИ РЕГЕНЕРИРОВАННОГО ГЕКСАФТОРИДА УРАНА ОТ $^{232, 234, 236}$U

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 MULTISTREAM CASCADES WITH A GIVEN NUMBER OF GAS CENTRIFUGES FOR PURIFICATION OF REGENERATED URANIUM HEXAFLUORIDE FROM $^{232, 234, 236}$U

Lubnin S.S.[1], Palkin V.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A method for optimization of multistream cascades for purification of regenerated uranium from even isotopes is improved by using several types of stages with a given number of gas centrifuges. The operating modes of the stages have been determined by the artificial bee colony algorithm.

A technique for optimization of pentastream cascades for purification of regenerated uranium from even isotopes ^{232,234,236}U is proposed. The considered scheme of the cascade has two feed points for natural and regenerated uranium, additional product flow for production of purified uranium hexafluoride, a main product and a waste. The relations for multistream cascades used in calculations [1] and the dependence of the separation factors of gas centrifuges on their feed flow and the coefficient of flow division is taken into account.

The possibility of increasing the efficiency of the purification scheme by using the several types of stages with a given number of gas centrifuges in comparison with their uniform distribution is shown. The numerical optimization was carried out by the artificial bee colony algorithm [2]. The operating modes of the stages have been determined, which provide the concentrations of ^{232,234,236}U in accordance with the requirements of the international specification ASTM C996-15 for low-enriched uranium.

1. V.A. Palkin, Atomic Energy, 119(2), 125–131 (2015).
2. D. Karaboga, Technical Report-TR06, Erciyes University (2005).

РАЗВИТИЕ СПОСОБА РАСЧЕТА РЕСУРСНО-РЕЗУЛЬТАТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

Мальцев А.Ю.[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, Россия
E-mail: maltsevt@yandex.ru

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR CALCULATING THE RESOURCE-EFFECTIVE POTENTIAL OF A MEDICAL INSTITUTION

Maltsev A.Y.[1], Goldstein S.L.[1], Gritsyuk E.M.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] GUAZ SO MKMC "BONUM", Yekaterinburg, Russia

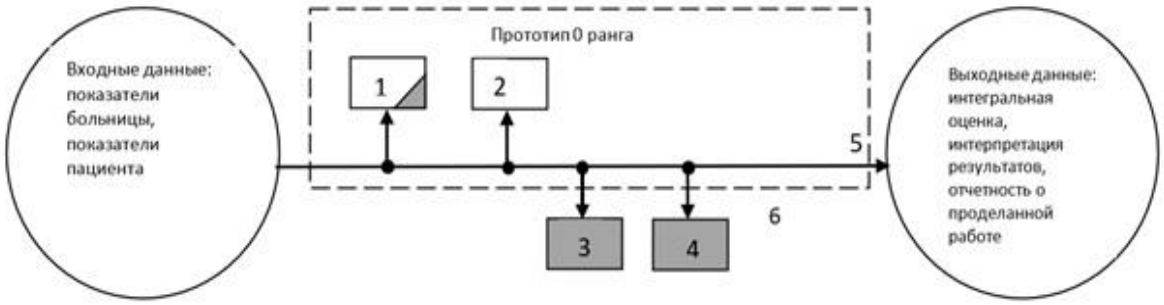
We conducted a literary and analytical review related to the resource-effective potential of a medical institution. Based on the analysis of analogs, a hierarchy of resource-effective potential was compiled. The resulting hierarchy was examined and improvements suggested.

Существует множество методов оценки медицинских организаций. Однако не каждый способ позволяет понять полную картину происходящего в больнице. Так от специалистов «ГАУЗ СО МКМЦ «Бонум» г. Екатеринбург получен заказ на разработку методики оценки медицинского учреждения для определения величины ресурсно-результативного потенциала (РРП).

Нами был проведен литературно-аналитический обзор по данной проблеме при помощи поисковой системы интернет, по запросам: ресурсно-результативный потенциал, медицинское учреждение, оценка деятельности, эффективность работы, способ расчета ресурсно-результативного потенциала, реабилитационный потенциал пациента, система здравоохранения. Получено больше 100 ответов, соответствующих запросов. Были составлены иерархии способов по рассмотренным аналогам [1-5], с помощью которых мы сможем определить подсистемы для дальнейшего улучшения. Далее проведены сравнения найденных аналогов. Лучшие аналоги выбраны в качестве прототипов экспертной модели. По результатам анализа приведена их критика.

По итогу литературно-аналитического обзора можно сделать вывод, что возможно перейти к следующему этапу научно-исследовательской работы моделированию и улучшению.

Результатом проделанной работы является составленная системно-структурная модель прототипа 0-ранга (см. рис. 1), предложены улучшения, которые заключаются в расчете интегральной оценки и интерпретации полученных результатов.



Системы прототипа: 1 – оценка РРП медицинского учреждения, 2 – оценка РРП пациента, 3 – интегральная оценка, 4 – интерпретация результата

Рис. 1. Системно-структурная модель по прототипу и предлагаемому решению (выделено пунктиром).

1. Письмо «О методике оценки деятельности медицинских организаций» Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 4 февраля 2012 года N 14-3/10/2-1243
2. Г.Э. Улумбекова, А.В. Мокляченко, Вестник ВШОУЗ № 3 С.23-34 (2017)
3. Сергеева Н.М., Современная педагогика [Электронный ресурс] № 2 (2017)
4. Д.В. Ковалев, Л.Б. Кубайчук., Патент № 2310392 от 20.11.2007.
5. А.А. Ефимов, Г. Е. Иванова., Патент №2593579 от 10.08.2016

ИНТЕРАКТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЭЛЕМЕНТА ТРУБОПРОВОДА

Муравьев Л.А.[1, 2], Нархов Е.Д.[1], Сергеев А.В.[1], Сапунов В.А.[1]

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

INTERACTIVE MAGNETIC FIELD SIMULATION OF A PIPELINE ELEMENT

Muravyev L.A.[1, 2], Narkhov E.D.[1], Sergeev A.V.[1], Sapunov V.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Geophysics Ural Branch of the RAS, Yekaterinburg, Russia

Mapping of pipelines, bends and branches is possible using high-precision magnetic survey. The Matlab program designed to visualize the anomalous magnetic field and its analytical signal form sequential approximations of a pipe: a dipole, a magnetized rod, a parallelepiped and a cylinder model.

Мониторинг состояния трубопроводных транспортных систем является важной научной задачей, имеющей экономическое и экологическое значение. При обследовании подземных и подводных трубопроводов часто используется магнитометрическая съемка [1]. Поскольку элементы трубопроводов строятся в основном из железа, они создают аномальное магнитное поле, которое может быть зафиксировано с применением современных высокочувствительных магнитометров. Дополнительно на величину создаваемой магнитной аномалии влияют подмагничивающие токи катодной защиты, которые протекают в трубопроводах.

Проведение высокоточной магнитной съемки позволяет точно локализовать трубопровод под землей или на дне акваторий, находить участки поворотов, выявлять местоположение отводов и т.д., выполняя их картирование и паспортизацию. Применение магнитометрии в качестве средства бесконтактной диагностики состояния трубопровода является перспективным по сравнению со стандартным методом внутритрубной диагностики т.к. не требует полной остановки передачи продуктов по трубопроводу.

Современные отечественные магнитометры, измеряющие абсолютное значение геомагнитного поля, обладают чувствительностью до 0,05 нТл и требуемую абсолютность [2]. Для измерений вблизи интенсивно намагниченных объектов прибор обладает достаточной градиентоустойчивостью. Низкое энергопотребление датчиков позволяет длительно работать автономно.

С целью увеличения производительности и информативности метода эффективно применение магнитометров с несколькими датчиками [3]. Многоканальный магнитометр позволяет рассчитывать дополнительные величины, характеризующие распределение магнитного поля – его градиенты между датчиками и

модуль полного градиента магнитного поля (аналитический сигнал). Последний параметр удобен тем, что не зависит от пространственной ориентации системы датчиков, что важно при конструировании морских и авиационных (коптерных) систем, когда сложно обеспечить сохранение точной ориентации датчиков в движении. Построение карты полного градиента магнитного поля позволяет более уверенно выявить границы источников аномалии.

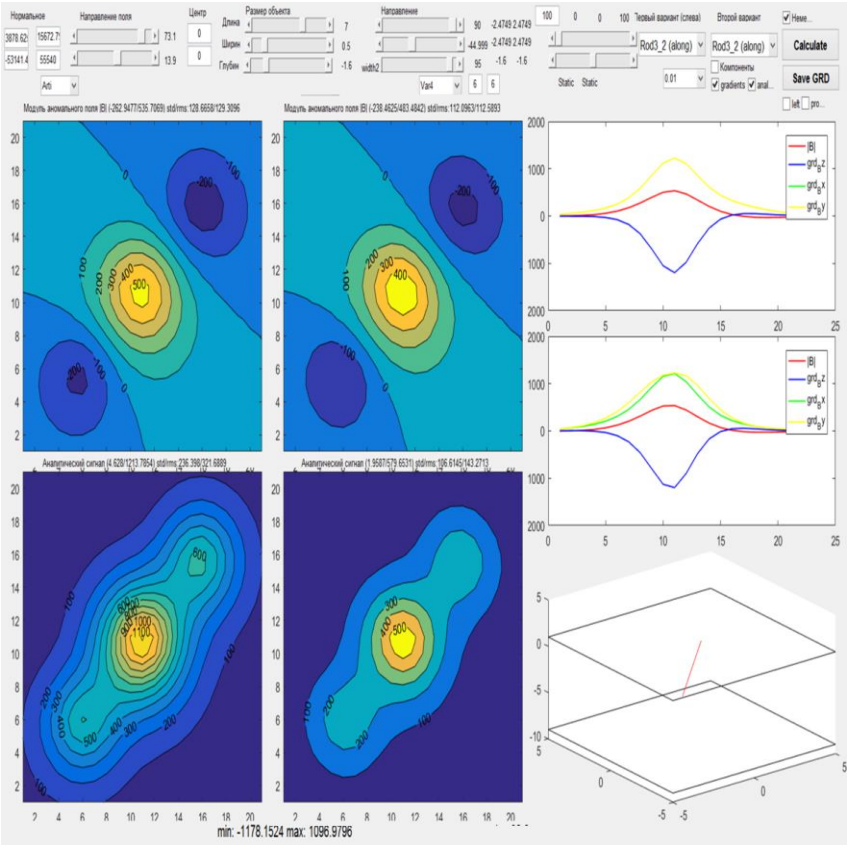


Рис. 1. Интерфейс программы расчета и визуализация магнитного поля модели, состоящей из двух встречно намагниченных полых цилиндров и стержней.

Нами составлена интерактивная программа в пакете Matlab с применением сервиса создания пользовательского интерфейса Guide, которая позволяет выполнять расчет и оптимизацию [4] аномального магнитного поля от нескольких вариантов моделей, представляющих последовательные приближения отдельной трубы: диполь, однородно намагниченный стержень (вдоль себя либо вдоль внешнего поля), параллелепипед и модель полого цилиндра. Геометрические размеры каждой из моделей могут быть настроены. Также можно выбрать величину и направление внешнего геомагнитного поля. Программа позволяет рассчитывать и визуализировать компоненты аномального магнитного поля и его модуль, а также градиенты по осям и модуль полного градиента. Ее использование позволяет оптимизировать положение датчиков многоканальных магнитометров, моделировать погрешности съемки и интерпретировать результаты обследования реальных объектов.

1. A.Y. Denisov, O.V. Denisova, V.A. Sapunov, S.Y.Khomutov. Earth, Planets and Space, 58(6), 707–710 (2006).
2. L.A. Muravyev, N.V. Fedorova, A.Y. Denisov, V.A. Sapunov, V.V. Savelev, V.G. Bezdudny. Conference Proceedings, Engineering and Mining Geophysics 2020, (2020).
3. E.D. Narkhov, L.A. Muravyev, A.V. Sergeev, A.L. Fedorov, A.Yu. Denisov, A.A. Shirokov, V.A. Sapunov. AIP Conf. Proceed. 1886, 020075 (2017).
4. R.A. Waltz, J.L. Morales, J. Nocedal, D. Orban. Mathematical Programming, 107(3), 391–408 (2006).

ИНТЕГРАЦИЯ ПРОГРАММ CAE И CAM В СОСТАВЕ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Огородников А.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: a.i.ogorodnikov@urfu.ru

INTEGRATION OF CAE AND CAM SOFTWARE AS PART OF DISTRIBUTED PRODUCTION

Ogorodnikov A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work, the results of research and practical application are presented, which show the remote operation of CAM and CAE software packages via the Internet for modeling and programming machining processes as part of a distributed production.

В составе распределенного производства ресурсы, необходимые для подготовки и выполнения технологических операций, могут располагаться в разных географических точках [1]. В данной работе представлен метод удаленного использования программных пакетов CAM и CAE посредством сети интернет для моделирования и программирования процессов механообработки в составе распределённого производства. Необходимость моделировать воздействие режущего инструмента на заготовку возникает в задачах развития электронной компонентной базы, где обработке алмазным инструментом подвергаются пластины из хрупких твердых материалов [2].

В работе организована совместная работа с программами от разных российских разработчиков: CAE ФИДЕСИС и CAD/CAM АДЕМ. В соответствии с разработанным методом технологическую подготовку производства можно вести удаленно, в частности, с мобильного телефона, обращаясь через web-интерфейс к серверам с установленными лицензионными программами.

С локального сервера (или персонального компьютера, мобильного телефона, смартфона, планшета) на удаленном расчетном компьютере (или суперкомпьютере) с установленной программой ФИДЕСИС консольно запускается программный код, написанный на внутреннем скриптовом языке программирования APREPRO. Программный код содержит параметры вычислительной модели и производит компьютерное моделирование технологического процесса. Анализ напряжений позволяет выбрать технологические параметры процесса.

Используя полученные данные, технолог запускает на другом удаленном компьютере программу АДЕМ и создаёт управляющую программу. Далее созданная программа передается на производственный участок для управления станком и выполнения технологического процесса. Предлагаемая структура распределенной облачной проектно-производственной системы не содержит принципиальных ограничений по типу технологий механической обработки и станочного оборудования.

1. А. И. Огородников, В. Н. Власов, О. М. Огородникова, Проблемы машиностроения и автоматизации. 1, 123-127 (2015).
2. Ю. Н. Жуков, И. Н. Тихонов, А. И. Огородников, Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 5 (710), 10-16 (2019).

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ МОЩНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ДИОДОВ ПО ТОКОВОЙ ЗАВИСИМОСТИ ИХ СПЕКТРАЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Паршин В.А.[1], Савинов Н.С.[1], Селиванов А.А.[1], Близнюк В.В.[1], Тарасов А.Е.[1]

[1)] Национальный исследовательский университет "МЭИ", г. Москва, Россия

E-mail: ParshinVasA@gmail.com

PREDICTING THE LIFETIME OF HIGH-POWER LASER DIODES FROM THE CURRENT DEPENDENCE OF THEIR SPECTRAL CHARACTERISTICS

Parshin V.A.[1], Savinov N.S.[1], Selivanov A.A.[1], Bliznyuk V.V.[1], Tarasov A.E.[1]

[1)] National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow, Russia

The high power laser diodes lifetime prediction method which is based on current dependence line form analysis skirting laser radiation spectrum after 200 hours of service is offered.

Полупроводниковые лазерные диоды (ЛД) с мощностью непрерывной генерации от нескольких сотен милливатт до единиц ватт широко применяются в разных областях науки и техники [1-4]. Важнейшим технико-экономическим параметром ЛД является их срок службы. Разработанные до настоящего времени методики прогнозирования срока службы ЛД связаны со значительным расходованием ресурса лазеров и использованием трудоёмких статистических методов обработки больших массивов чисел. При этом не решается принципиально важная проблема определения качества отдельно взятого активного элемента ЛД, которая особенно остро проявляется при серийном производстве лазеров.

Для решения этой проблемы нами предлагается методика быстрого прогнозирования срока службы конкретного экземпляра ЛД, основанная на анализе токовой зависимости формы линии, огибающей спектр его излучения, после 200 часов наработки (рис. 1). При этом спектральная кривая рассматривается как суперпозиция спектров излучения одномодовых лазерных диодов. В этом случае для каждой спектральной линии рассчитывается интегральный параметр A, который количественно характеризует степень её подобия гауссовой функции в интервале их полуширины. Так, при идеальном совпадении параметр A равен единице. Среди рассчитанных для каждой спектральной кривой значений параметров A выбирается наименьшее – Amin. Далее определяется срок службы ЛД через зависимость с параметром A, полученную эмпирическим путём.

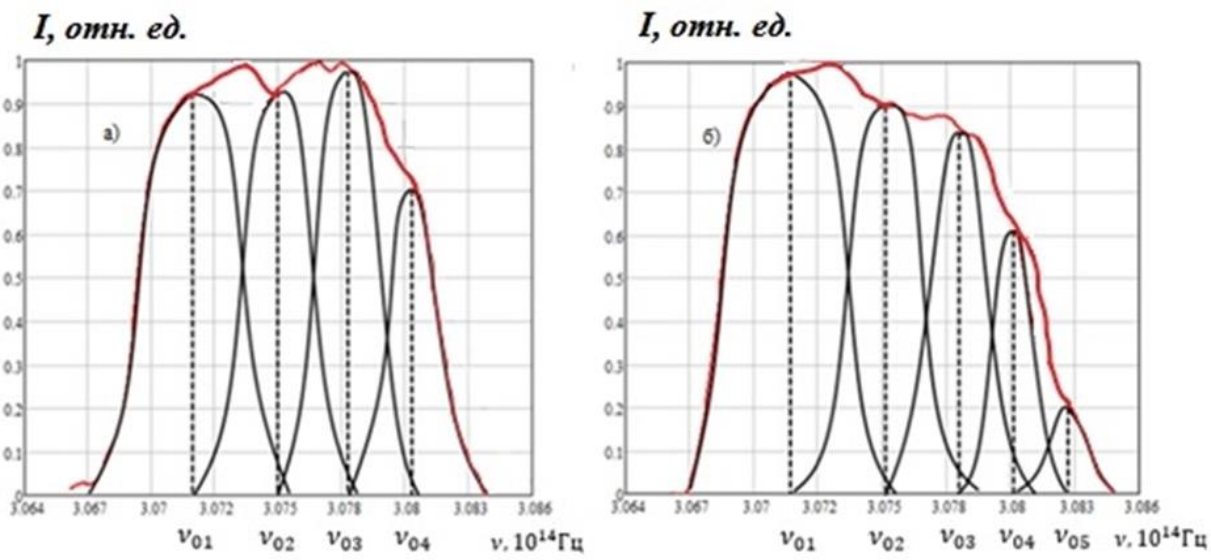


Рис. 1. Спектр излучения лазерного диода АТС-С200-100-980 с наработкой 200 часов при двух значениях тока накачки: а) 940 мА, б) 980 мА.

1. А. П. Богатов, А. Е. Дракин, А. А. Стратонников, В. П. Коняев, Квантовая электроника, 30(5), 401-405 (2000).
2. С. О. Слипченко, А. Д. Бондарев, Д. А. Винокуров, Д. Н. Николаев, Н. В. Фетисова, З. Н. Соколова, Н. А. Пихтин, И. С. Тарасов, ФТП, 43(1) 119-123 (2009).
3. С. О. Слипченко, Д. А. Винокуров, Н. А. Пихтин, З. Н. Соколова, А. Л. Станкевич, И. С. Тарасов, Ж. И. Алфёров, ФТП, 38(12) 1477-1486 (2004).
4. А. В. Лютецкий, Н. А. Пихтин, Н. В. Фетисова, А. Ю. Лешко, С. О. Слипченко, З. Н. Соколова, Ю. А. Рябоштан, А. А. Мармалюк, И. С. Тарасов, ФТП, 43(12) 1646-1649 (2009).

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ РАБОТЫ КАБИНЕТА КАТАМНЕЗА ДЕТСКОГО МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

Полетаева Е.В.[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, Россия
E-mail: katherinepoletaeva@yahoo.com

DEVELOPMENT OF INFORMATION SUPPORT FOR THE WORK OF THE CATAMNESIS CABINET OF A CHILDREN'S MEDICAL INSTITUTION

Poletaeva E.V.[1], Goldstein S.L.[1], Gritsyuk E.M.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Applied Research Center «Bonum», Yekaterinburg, Russia

The work of the system of catamnestic monitoring, functioning in accordance with the order of the Ministry of Health of the Russian Federation of 11.05.2018 N 760-p "Offices of early care" [1], is considered. In addition, the expected improvements in this system are given.

Задачи мониторинга детского здоровья всегда актуальны. Как правило декларируются общие требования такие как: своевременность, полный охват, преемственность, межведомственные взаимодействия. Единых стандартов для осуществления катамнестического наблюдения не принято. На сегодняшний день актуален вопрос по развитию информационных медицинских систем, в частности кабинета катамнеза.

Нами рассмотрено несколько примеров организации мониторинга детского здоровья, начиная с раннего возраста, в: КДЦ БУЗ ВО “Воронежской областной детской клинической больнице №1” [1], Мордовской республиканской центральной клинической больнице [2]. Наиболее полным считаем систему катамнестического наблюдения, которая функционирует согласно приказу МЗ СО от 11.05.2018 N 760-п "Кабинеты ранней помощи" [3]. На рисунке её структура, представленная в виде иерархии с предлагаемыми улучшениями.

0–система катамнестического наблюдения в Свердловской Области; 1–своевременный учет детей; 2–определение состояния здоровья; 3–маршрутизация детей; 4–организация и контроль за выполнением медицинских назначений; 5-проведение санитарно-просветительной работы с родителями; 6–обеспечение межведомственного взаимодействия; 7–информатизация; 3.1–оказание маршрутизационной помощи; 3.2–маршрутизация информации; 6.1–работа с учреждениями системы профилактики безнадзорности и правонарушений; 6.2–работа с кабинетом по кризисной беременности; 6.3–работа с социально-психолого-педагогической службой; 3.1.1–направление детей на консультации к врачам-специалистам; 3.1.2 – оказание медицинской помощи детям; 3.1.3–диагностика детей; 3.2.1–определение полезного объема информации; 3.2.2–определение способа работы

с информацией; 3.2.3–проведение аналитики; 3.2.4–выработка управленческих решений; 3.1.1.1–проведение очных консультаций; 3.1.1.2–проведение телеконсультаций; 3.1.2.1–оказание специальной медицинской помощи; 3.1.2.2–оказание реабилитационной медицинской помощи; 3.1.3.1–диагностика пациентов при помощи физических методов; 3.1.3.2–диагностика пациентов при помощи визуально-инструментальных методов; 3.2.1.1–сбор паспортных данных; 3.2.1.2–сбор информации о состоянии здоровья ребенка; 3.2.1.3–выполнение маршрутизации пациента; 3.2.2.1–логистика информации при помощи интернета; 3.2.2.2–логистика информации при помощи бумажный носитель; 3.2.2.3–логистика информации при помощи работы с ПП; 3.2.2.3.1–работа с ПП в [1]; 3.2.2.3.2–работа с ПП в [2]; 3.2.2.3.3–работа с ПП в [3]

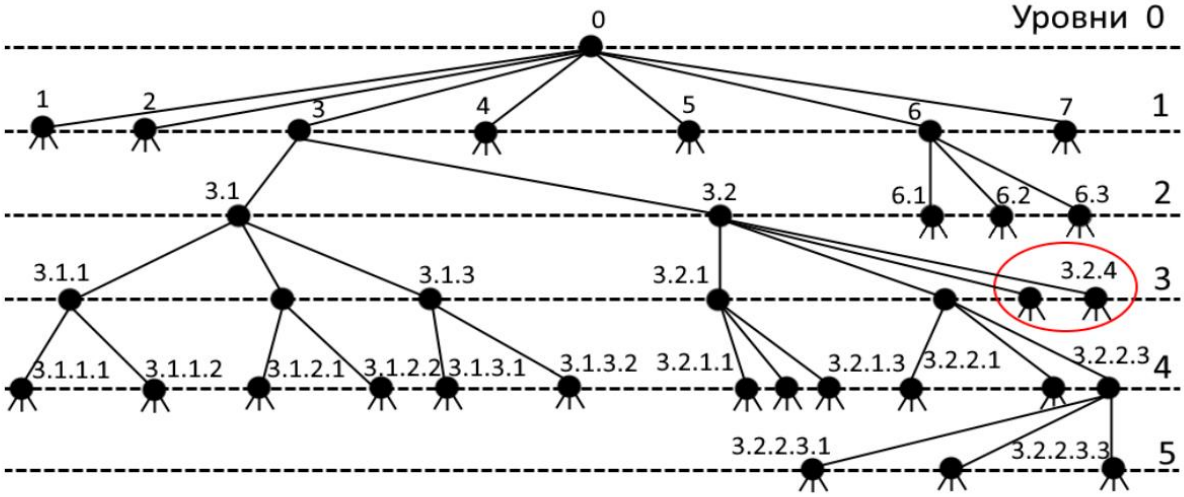


Рис. 1. Иерархическая структура [3]

Данная система катамнестического наблюдения выбрана нами в качестве прототипа. И в нём недостаточно уделяется внимание аналитике ситуации и по ее результатам принятию управленческих решений. Для улучшения прототипа предлагаем введение двух подсистем (окружность рисунке 1).

Результаты:

- проведен литературно-аналитический обзор на тему информационного развития работы кабинета катамнеза;
- среди аналогов выбран лучший(прототип) и дана его критика.

Вывод: намечены точки развития поддержки деятельности кабинета катамнеза.

1. Кабинет катамнеза детей, родившихся недоношенными [Электронный ресурс] // Официальный сайт КДЦ БУЗ ВО "Воронежской областной детской клинической больницы №1" [Офиц. сайт]. URL: https://www.vodkb.ru/kabinet-katamneza-detej-rodivshihsya-nedonoshennymi/

2. Кабинет катамнестического наблюдения за детьми с перинатальной патологией [Электронный ресурс] // Официальный сайт Мордовской республиканской центральной клинической больницы [Офиц. сайт]. URL: https://www.mrckb.ru/strukture/kabinet-katamnesticheskogo-nablyudeniya-za-detmi-s-perinatalnoj-patologiej.html
3. Приказ Министерства здравоохранения Свердловской области от 11 мая 2018 г. N 760-п "Об оптимизации работы учреждений здравоохранения Свердловской области по мониторингу состояния здоровья детей из групп перинатального риска по формированию хронической и инвалидизирующей патологии" [Электронный ресурс] // Официальный сайт гарант [Офиц. сайт]. URL: https://base.garant.ru/46764476/

ВИБРОСТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДИМОСТИ СМЕСЕЙ ПРОВОДЯЩИХ И НЕПРОВОДЯЩИХ ЧАСТИЦ

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

VIBRATION STAND FOR STUDYING THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF MIXTURES OF CONDUCTIVE AND NON-CONDUCTIVE PARTICLES

Pozigun G.A.[1], Martyushev L.M.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

An experimental stand for studying the electrical conductivity and thermal dissipation of particle mixtures under vibrating conditions is described.

В современной литературе при рассмотрении неравновесных систем часто используется принцип максимума производства энтропии [1, 2]. Согласно ему, 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 стальных шариков. Под действием электромагнитного поля при определённых условиях эта система самоорганизуется, максимизируя производство энтропии. Изучение этой работы привело нас 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 с все меньшим сопротивлением (например, с помощью укорачивания проводящих цепочек). При уменьшении сопротивления, в системе будет увеличиваться мощность тепловыделения и, соответственно, производство энтропии.

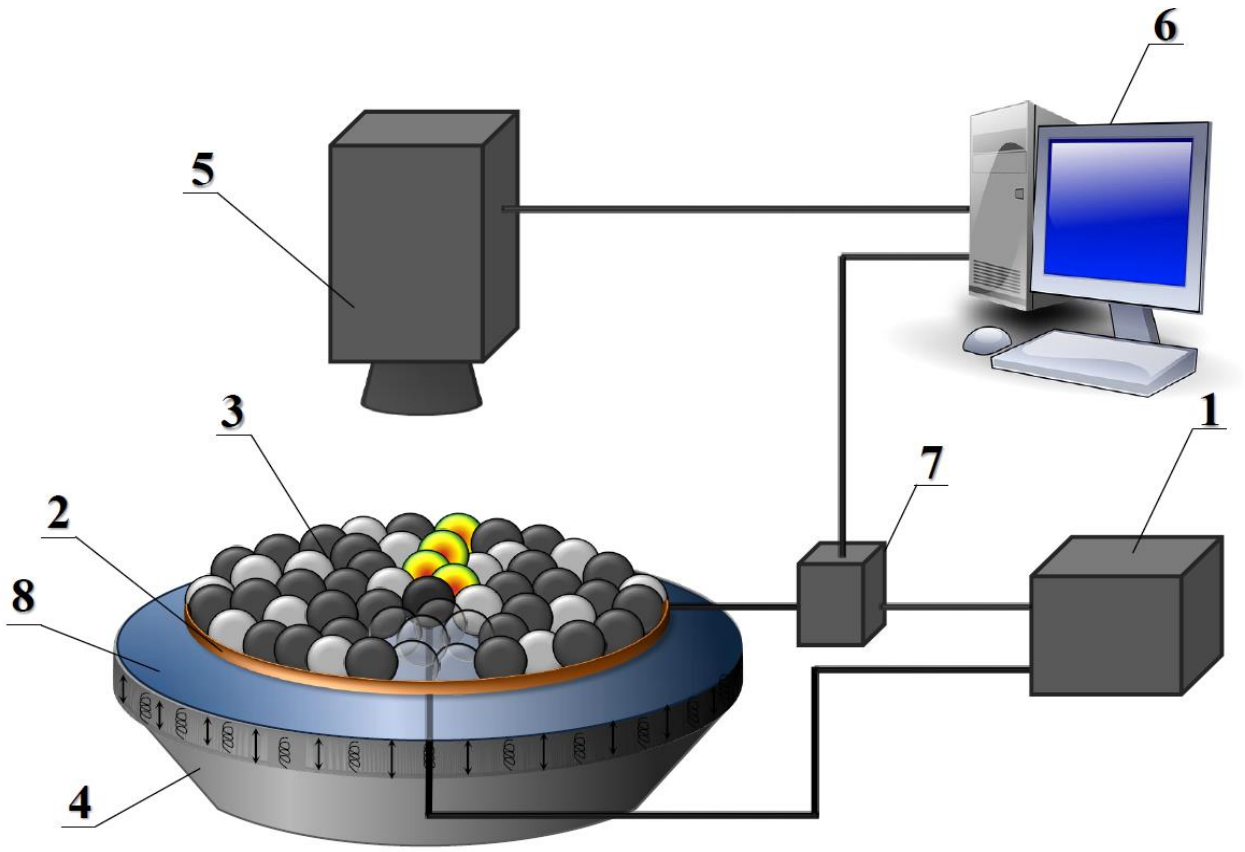


Рис. 1. Экспериментальный стенд. 1 - источник постоянного напряжения, 2 - медный контур, 3 - свинцовые шарики, 4 - низкочастотный динамик, 5 - тепловизор, 6 – ПК, 7 – АЦП, 8 – пластина из оргстекла.

Для поставленной выше задачи был создан экспериментальный стенд, представленный на рис.1. Он представляет собой низкочастотный динамик (4) от акустической системы «Radiotehnika S-90», обеспечивающий мощность звука до 90 Вт. Для генерации шума используется программа ГСНЧ-01. На динамике закреплена плоская круглая пластина из оргстекла, на которой размещен кольцеобразный электрод (2). Внутри кольцевого электрода находятся около 600 свинцовых шариков (3) диаметром 4,5 мм. Часть шариков покрыта изолирующей краской. Отношение проводящих/непроводящих шариков выше порога перколяции. Кольцевой электрод (2) и центральный шарик подключены к источнику постоянного напряжения 1-30 В (1). Для измерения электрических характеристик системы ша-

риков (тока, сопротивления) используется АЦП: Adam 4017+ и Adam 4561, подсоединенные к ПК (6). Определение цепочек шариков, по которым идёт ток, производится с помощью тепловизора (5).

Проведённые предварительные опыты показали слабую проводимость электрического тока свинцовыми шариками. Мы предполагаем, что на проводимость могут отрицательно влиять следующие факторы: слабый контакт между шариками, вследствие их формы; оксидная плёнка свинца. Ведется дальнейшая работа по подбору подходящих экспериментальных условий и системы.

1. L. M. Martyushev and V. D. Seleznev, Phys. Rep. 426, 1-45 (2006).
2. L. M. Martyushev, Entropy 15(4), 1152-1170 (2013).
3. D. Kondepudi, B. Kay and J. Dixon, Phys. Rev. E 91(5), 050902(R) (2015).

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ ИНТЕГРАЦИИ РОССИЙСКИХ САПР

Проничев И.М.[1], Огородникова О.М.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

E-mail: prnichev.ivan@rambler.ru

INTERDISCIPLINARY DESIGN OF MECHATRONIC SYSTEMS BASED ON THE INTEGRATION OF RUSSIAN SOFTWARE

Pronichev I.M.[1], Ogorodnikova O.M.[1]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

In this work, software from Russian developers is used to form a design environment for the rapid creation of 3-axis robots as mechatronic systems. The design process includes the creation of a 3D model and its automatic control system.

По определению французского стандарта Mechatronics – Vocabulary NF E 01-010 2008 – AFNOR, мехатронным является такое изделие, которое обладает функциями восприятия окружающей среды, обработки информации, интерактивного общения, а также воздействия на окружающую среду. Проектирование мехатронных изделий носит междисциплинарный характер, поскольку включает конструирование электро-механических узлов, электронных блоков и разработку систем автоматизированного управления приводами и рабочими операциями изделия. Российские разработчики развивают программное обеспечение, которое может быть использовано для проектирования мехатронных изделий, но на текущий момент не настроена интеграция разных по проектным целям программ.

Для конструирования механических узлов, включая создание трехмерных моделей в сборке и конструкторской документации, расчет прочности и кинематики, может быть использовано программное обеспечение КОМПАС от компании

АСКОН (г. Санкт-Петербург). Автоматизированная среда проектирования механической части мехатронных изделий в САПР КОМПАС усиливается модулями ВЕРТИКАЛЬ и ЛОЦМАН, которые позволяют решать задачи в рамках технологической подготовки производства и управлять инженерными данными, а также жизненным циклом изделия. Прочностные расчеты можно выполнить в программном модуле АРМ WinMachine, кинематические – в модуле «Универсальный механизм».

Для разработки автоматизированной системы управления мехатронным изделием может быть использовано программное обеспечение SimInTech от 3В-Сервис (г. Москва), которое позволяет моделировать динамические системы на базе численных методов решения дифференциальных уравнений и библиотечных функций матричных вычислений. Набор решаемых задач по расчету и синтезу технических устройств в среде SimInTech, включая элементы автоматики и автоматизированного привода, аналогичен MatLab-Simulink.

В данной работе программное обеспечение от российских разработчиков применяется для проектирования 3-координатных роботов, которые в соответствии с определением являются мехатронными изделиями. Разработка методологии проектирования мехатронных систем ведется в соответствии со стандартами ЕСКД [1]. Проектируемые мехатронные системы могут быть составлены из группы роботов, обслуживающих технологические процессы [2].

1. Огородникова О. М., Ваганов К. А., Мушников Н. С., Юшков И. В. Проблемы машиностроения и автоматизации. 2, 49-55 (2015).
2. Огородникова О. М., Проничев И. М. Проблемы машиностроения и автоматизации. 3, 36-40 (2016).

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО ЭЛЕКТРОШУМОВЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

Распопов Д.А.[1], Белоусов П.А.[1]

[1)] Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

E-mail: raspopovda@oiate.ru

DEVELOPMENT OF METHODS AND ALGORITHMS FOR CONTROL AND DIAGNOSTICS OF ELECTRIC ENGINES BY ELECTRIC NOISE CHARACTERISTICS

Raspopov D.A.[1], Белоусов П.А.[1]

[1)] National Research Nuclear University of MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute) Obninsk Institute of Atomic Energy (IATE), Obninsk, Russia

The relevance of creating and implementing intelligent diagnostic systems for asynchronous electric motors is described in this article. A description of the tool for developing methods and algorithms for data mining is given in this article.

В настоящее время на любом промышленном предприятии используется оборудование, в состав которого входят электродвигатели. Наиболее распространенным в промышленности является асинхронный трехфазный двигатель (АД). Согласно статистике, АД в среднем потребляют до 80 % всей мощности, потребляемой различными промышленными предприятиями. Таким образом, можно утверждать, что АД является особо важным потребителем собственных нужд любого промышленного предприятия, поэтому актуальной задачей является обеспечение качественного, надежного и бесперебойного электроснабжения данного оборудования. Выход АД из строя может привести к возникновению аварийной ситуации, простоям, нарушению технологического режима и прочим негативным факторам, снижающим эффективность производства и промышленного предприятия в целом [1].

К решению данной задачи необходимо подойти исходя из особенностей и состояния современной науки и техники, рассмотрев их основные тренды и тенденции. Глобальными трендами, направленными на повышение эффективности производства, являются: цифровизация или цифровая трансформация, интернет вещей, искусственный интеллект, машинное обучение и анализ больших данных, облачные технологии и другие связанные с ними технологии [2]. Перечисленные технологии могут быть использованы в интеллектуальной системе (ИС) для диагностики и прогнозирования технического состояния всего оборудования промышленных предприятий, включая асинхронные двигатели. Благодаря применению данные технологий ИС позволит производить сбор, хранение и обработку

информации с оборудования, которая впоследствии будет использована для прогнозирования отказов и аномалий в режиме работы АД, что позволит выявить неисправность на ранней стадии, предотвратить поломку оборудования, снизить затраты на ремонт и уменьшить время простоя [3].

В Обнинском институте атомной энергетики был собран прибор Smart Socket – Smart Energy Systems для разработки методов и алгоритмов диагностики электрооборудования по данным тока и напряжения, показанный на рисунке 1. С помощью встроенного модуля АЦП, прибор позволяет производить сбор данных тока и напряжения с соответствующих датчиков с максимальной частотой дискретизации 2 МГц.



Рис. 1. Прибор Smart Socket – Smart Energy Systems.

При помощи прибора был проведен эксперимент по сбору данных с электродвигателей и разработаны методы и алгоритмы контроля и диагностики электрических двигателей по данным тока и напряжения. Благодаря использованию спектрального анализа, из исходных данных были выделены информативные шумовые характеристики электродвигателя, а с помощью современных технологий машинного обучения были созданы предиктивные модели, прогнозирующие техническое состояние электродвигателей.

1. А. В. Бахарев, А. Д. Умурзакова, Энергетика и энергосбережение: теория и практика: материалы III Всерос. науч.-практ. конф. Кемерово: Изд-во Кузбасского гос. техн. ун-та, 402-1-402-7 (2017).
2. Н. Н. Лепило, Н. В. Клочко, Экономический вестник Донбасского государственного технического университета, 3, 45-51 (2020).
3. К. Г. Стертюков, О. А. Стародубцева, Вестник Пермского национального исследовательского университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления, 25, 58-73 (2018).

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ КОМПЛЕКСА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Потеряев С.Н.[1], Розаненков И.Э.[1], Сивинских И.А.[1], Ташлыков О.Л.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: rozanenkov.ilya@yahoo.com

3D MODELING OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS AND PROCESSES OF THE RADIOACTIVE WASTE RECYCLING COMPLEX

Poteryaev S.N.[1], Rozanenkov I.E.[1], Sivinskikh I.A.[1], Tashlykov O.L.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The paper describes the processes of applying 3D modeling for the layout of systems, equipment, using the example of designing a complex for the processing of radioactive waste. The importance of using 3D modeling for hazardous technologies and optimizing radiation protection of personnel is shown.

Создание трехмерных моделей технологических систем и процессов является наиболее эффективным и в конечном счете экономичным способом виртуального отображения объектов, оборудования и всего процесса в целом.

Использование виртуальных моделей радиационно-опасных объектов является перспективным направлением оптимизации радиационной защиты персонала путем сокращения времени пребывания в полях ионизирующих излучений, а также для решения задач маршрутизации радиационно-опасных работ, основной целью которой является нахождение минимальной суммарной дозы облучения при выполнении комплекса работ в неоднородных радиационных полях [1-3].

В данной работе в качестве примера рассматривается использование студенческой версии программы 3D-моделирования Autodesk Revit 2018 при создании проекта центра по обращению с радиоактивными отходами (РАО), предназначенного для их переработки и приведения в соответствие с критериями приемлемости для захоронения.

Технологический процесс переработки отходов включает в себя: входной контроль контейнеров с РАО; сортировка РАО по морфологическому составу; фрагментация РАО до размеров, обусловленных последующими этапами технологического процесса (прессование, дезактивация, размещение в бочках, сжигание размещение переработанных ТРО в контейнерах) и отправка на временное хранение.

С помощью программы Autodesk Revit 2018 возможно: моделировать оборудование, при этом сразу осуществляя проверку совместимости деталей (правильности чертежей); создавать точки подключения сред, вентиляции и электроснабжения; создавать необходимую проектную и рабочую документацию.

На стадии размещения готовых моделей на общем плане объекта проводится проверка на коллизию – взаимное наложение объектов, а также предусматриваются необходимые технологические пространства для ремонта, обслуживания и эксплуатации оборудования, трубопроводов и систем. После подключения необходимых сред и систем к оборудованию, представляется возможным наглядно моделировать технологические процессы обращения с РАО.

Общая 3D-модель помещения с оборудованием (рис. 1) позволяет: определить возможные несостыковки в технологических процессах; оценить «заполненность» помещений; найти возможные места образования заторов; оптимизировать маршруты персонала в зонах работы с ИИИ; предусмотреть маршруты и пути следования грузоподъёмного оборудования и средств перемещения грузов; обеспечить совмещение во времени выполнения основных и вспомогательных операций.

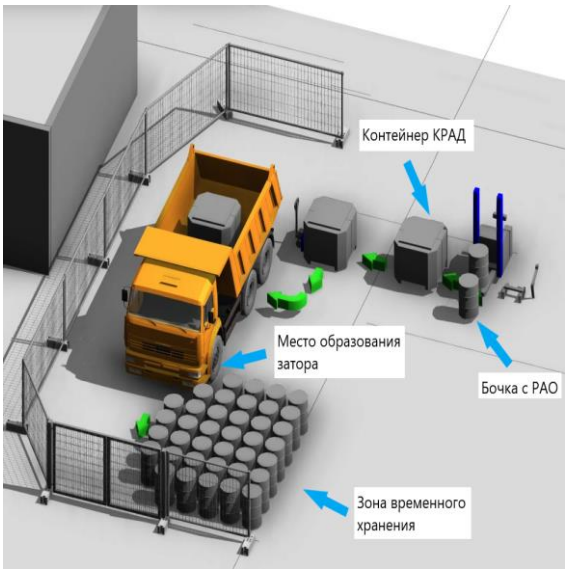


Рис. 1. 3D-модель разгрузочно-загрузочной площадки.

3D-моделирование технологических систем и процессов способствует исключению лишних финансовых затрат, экономии человеко-часов посредством совершенствования маршрутизации персонала и размещения оборудования, повышает экономическую эффективность технологического процесса при его реализации; позволяет минимизировать облучение персонала.

1. A. F. Mikhailova, O. L. Tashlykov, NSE, 9 (4), 393-401 (2018).
2. D. I. Zavadsky, O. L. Tashlykov. Collection of articles of the VII International Youth Scientific Conference Physics, Technologies, Innovation (PTI-2020), 347-358 (2020).
3. D. I. Zavadskii, O. L. Tashlykov, AIP Conf. Proceed. 2313, 070017 (2020).

УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДРЕВОВИДНЫХ СТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ

Русова Д.А.[1], Мартюшев Л.М.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: dariarusova@mail.ru

CONDITIONS FOR THE ORIGIN OF DENDRITIC STRUCTURES ON THE WATER SURFACE

Rusova D.A.[1], Martyushev L.M.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work, the experimental conditions for the formation of thermal dendrites on the water surface, discovered earlier, are specified.

Ранее в работе [1] с помощью тепловизора Infratec ImageIR на поверхности воды и водных растворов были обнаружены древовидные (дендритные) структуры. Для лучшего понимания природы этих структур было предпринято их математическое моделирование в пакете ANSYS FLUENT [2].

В настоящей работе проведена серия экспериментов для уточнения ранее полученных результатов, с целью нахождения наилучших условий для появления древовидных структур.

В качестве рабочей жидкости используется дистиллированная вода, помещенная в круглую стеклянную емкость диаметром 90 мм. При меньших размерах емкости не удается увидеть полноценное «дерево», видны только отдельные «ветви», а при больших размерах число древовидных структур увеличивается и у них отсутствует центр. Высота жидкости от 5 до 10 мм, при высоте 2 мм возникают так называемые роллы, а при высоте свыше 15 мм – мозаичные структуры, описанные в работе [3]. Температура воды от 35℃ до 50℃. При этом экспериментальная емкость должна быть опущена в воду температурой примерно 55℃. Влажность в лаборатории находилась в пределах 10-30 %. Схема размещение емкости и распределение температуры внутри и вне её при возникновении деревьев представлены на рисунке 1.

При установлении квазистационарного температурного поля древовидной формы на поверхности, в емкости происходит постоянное конвективное движение воды: потоки, как бы собираются к веткам дендрита (имеющим температуру на 2-3 градуса ниже чем в объеме) и по ним движутся к центру дендрита/емкости. Далее потоки опускаются вниз. С помощью программного обеспечения тепловизора была установлена скорость этого движения равная примерно 1,6 мм/с.

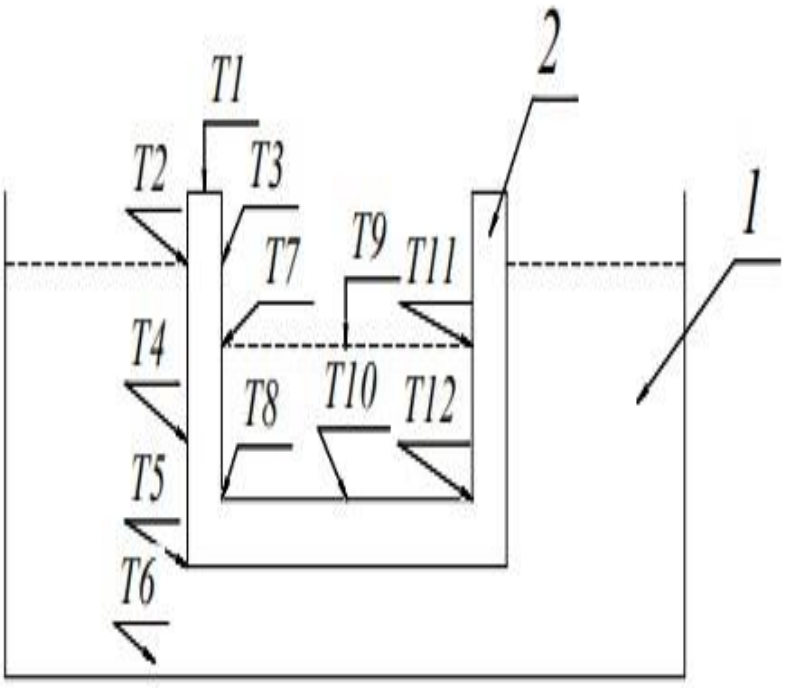


Рис. 1. Схема размещение емкости и распределение температуры внутри и вне её. 1 – резервуар с нагретой водой, 2 – экспериментальная емкость, T1=32℃, T2=39℃, T3=36℃, T4=54,3℃, T5=54,9℃, T6=55,3℃, T7=45,1℃, T8=46,6℃, T9=42,6℃, T10=43,4℃, T11=45,7℃, T12=47,5℃.

1. D. A. Rusova and L. M. Martyushev, AIP Conf. Proc. 2174, 020162 (2019).
2. D. A. Rusova, K. V. Zvonarev, and L. M. Martyushev. AIP Conf. Proc. 2313, 070013 (2020).
3. Г. Р. Иваницкий, А. А. Деев и Е. П. Хижняк, УФН. 175, 1207–1216 (2005).

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА С ЭЛЕМЕНТАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ (КЗ) ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ (ВВ) С ПОМОЩЬЮ БОЛА-ПОДОБНЫХ СЕНСОРОВ

Садиева Л.К.[1, 2], Ковалев И.С.[1], Тания О.С.[1, 2], Зырянов Г.В.[1, 2], Копчук Д.С.[1, 2], Чупахин О.Н.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского, Уральское Отделение РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: leilasad@yandex.ru

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM WITH ELEMENTS OF COMPUTER VISION FOR SIMPLE SPECTROFLUORIMETER-FREE QUANTITATIVE DETERMINATION OF EXPLOSIVES BY SENSORS

Sadieva L.K.[1, 2], Kovalev I.S.[1], Taniya O.S.[1, 2], Zyryanov G.V.[1, 2], Kopchuk D.S.[1, 2], Chupakhin O.N.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] I. Ya. Postovsky Institute of Organic Synthesis, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

A CV-assisted method of spectrofluorometer-free quantitative determination of common nitro-explosives via “turn-off” fluorescence by using polyaromatic hydrocarbons (PAH, PAH = 1-pyrenyl or 9-anthracenyl) - based bolas-type chemosensors is presented.

Несмотря на существование большого количества аналитических методов, прецизионное обнаружение аналитов все еще требует использования сложного и дорогостоящего лабораторного оборудования. Именно поэтому в настоящее время активно ведется разработка новых количественных/качественных аналитических алгоритмов, обладающих чувствительностью, мобильностью, простотой и дешевизной. Методы, основанные на использовании химических сенсоров, отвечают этим требованиям, но, к сожалению, сами по себе могут быть использованы только для качественного обнаружения аналитов. Однако, их совмещение с элементами КЗ позволяют нивелировать данный недостаток.

Разные коллективы авторов предпринимали ранее попытку комбинирования колориметрических методов с алгоритмами RGB-оцифровки изображений, полученных с помощью камеры, для определения 2,4,6-тринитротолуола (ТНТ) в почве [1], определения железа (II) в белом вине [2] и т.д. Но нами не было обнаружено подобных исследований с использованием метода тушения флуоресценции, поэтому мы решили восполнить этот пробел.

Нами было показано, что синтезированные по описанному ранее методу [3,4] хемосенсоры типа «бола» на основе полиароматических углеводородов (ПАУ)

при переходе из органической среды к полуводной образуют коллоидные растворы с яркой эмиссией, очень чувствительной к различным тушителям, таким как нитро-ВВ (в частности, ТНТ). Это было использовано нами для съемки фотографий последовательного тушения эмиссии сенсоров при добавлении аликвот раствора ТНТ и дальнейшей цифровой обработки полученных изображений в виде расширенных матриц цветов RGB. Извлеченные таким образом данные позволили рассчитать константы тушения флуоресценции Штерна-Вольмера (KSV), позволяющие определить концентрацию нитро-ВВ в растворе без использования спектрофлуориметра.

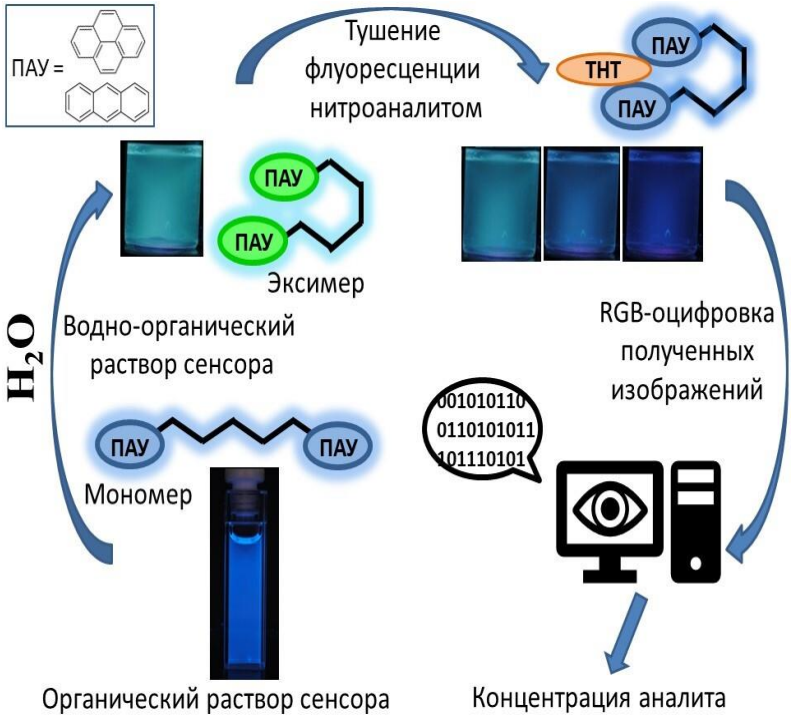


Рис. 1. Алгоритм определения концентрации аналита с помощью алгоритмов КЗ.

По нашему мнению, данная методика является концептуальной работой, описывающей общее использование алгоритмов КЗ для количественного определения аналитов посредством тушения флуоресценции как более простой альтернативы методам, использующим спектрофлуориметрическое титрование.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-33-90155.

Funding: The reported study was funded by RFBR, project number 19-33-90155.

1. A. Choodum, P. Kanatharana, W. Wongniramaikul and N. Nic Daeid, Talanta 115, 143–149 (2013).
2. J.H. Santos Neto, I.S.A. Porto, M.P. Schneider, A.M.P. dos Santos, A.A. Gomes and S.L.C. Ferreira, Talanta 194, 86–89 (2019).
3. F. Hirayama, J. Chem. Phys. 42, 3163–3171 (1965).
4. K. Zachariasse, W. Kühnle, Zeitschrift Fur Phys. Chemie 101, 267–276 (1976).

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СРАВНЕНИЯ ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ АВТОРОВ

Салахутдинов А.Н.[1]

[1)] Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ, Казань, Россия

E-mail: azatsn1997@mail.ru

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR PUBLISHING THE ACTIVITY OF AUTHORS

Salakhutdinov A.N.[1]

[1)] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI», Kazan, Russia

In this paper, an algorithm was created for calculating the rating of the publication activity of authors registered on the elibrary.ru platform. Software based on this algorithm has been created, which calculates the author's rating.

На сегодняшний день публикационная активность авторов является одним из показателей эффективности их деятельности. Библиографические базы данные, такие как Scopus, РИНЦ и прочие, позволяют вести учёт публикационной активности авторов [1]. Они располагают функционалом количественной оценки деятельности автора. Например, сервис elibrary может продемонстрировать показатели числа публикаций, числа цитирований, индекса Хирша и прочие [2].

При таком количестве собираемых параметров на сервисе отсутствует инструмент сравнения публикационной активности авторов в рейтинговой системе оценки. Одной из задач становится сравнение данных показателей среди авторов [3].

После сбора описанных выше параметров [4] их необходимо обработать и на их основании сформировать балльно-рейтинговую оценку деятельности автора.

Собранные параметры были нормализованы. Каждому параметру был задан соответствующий ему вес. Вес параметра указывает на его значимость, уменьшая либо увеличивая его можно сделать параметры более либо менее значимыми соответственно [5]. Значения весов параметров влияют на итоговую оценку публикационной активности автора.

В разработанном программном обеспечении в автоматизированном режиме происходит разбор страниц авторов для извлечения данных. Поскольку elibrary имеет защиту от такого рода получения данных, необходимо сохранить страницу статистики автора в html формате и добавить их в каталог с программой. Сравниваемые страницы следует сохранять с именами 1.html и 2.html. Программа извлечет данные с сохраненных страниц и произведет расчёты в соответствии с введенными пользователем весами.

Разработанный программный продукт находится по интернет адресу: http://i93933sj.beget.tech/study/index.php. Для начала работы необходимо выполнить предварительные действия, указанные в инструкции на начальной странице программы. В качестве результата будет показано вычисленное значение рейтинга автора. Программа продемонстрирует всю имеющуюся у неё статистику автора, а также выделит зеленым цветом фона информацию об авторе с большим рейтингом, а цвет фона информации об авторе с меньшим рейтингом сделает красным. В случае равного значения рейтинга у авторов, программа выделит желтым цветом фона их информацию.



Результаты:

Вернуться

Автор: ЕФИМОВ МАКСИМ ГЕННАДЬЕВИЧ

Место работы: Казанский национальный исследовательский технологический университет

Рейтинг автора: 10.2

Общая статистика автора:

Название показателя	Значение
Число публикаций на elibrary.ru	33
Число публикаций в РИНЦ	31
Число публикаций, входящих в ядро РИНЦ	3
Число цитирований из публикаций на elibrary.ru	42
Число цитирований из публикаций, входящих в РИНЦ	41
Число цитирований из публикаций, входящих в ядро РИНЦ	5
Индекс Хирша по всем публикациям на elibrary.ru	3
Индекс Хирша по публикациям в РИНЦ	3
Индекс Хирша по ядру РИНЦ	0
Число публикаций, процитировавших работы автора	23
Число ссылок на самую цитируемую публикацию	9
Число публикаций автора, процитированных хотя бы один раз	14 (45,2%)

Автор: ЕФИМОВ СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ

Место работы: Сибирский юридический институт МВД РФ

Рейтинг автора: 14.36

Общая статистика автора:

Название показателя	Значение
Число публикаций на elibrary.ru	14
Число публикаций в РИНЦ	14
Число публикаций, входящих в ядро РИНЦ	7
Число цитирований из публикаций на elibrary.ru	78
Число цитирований из публикаций, входящих в РИНЦ	70
Число цитирований из публикаций, входящих в ядро РИНЦ	26
Индекс Хирша по всем публикациям на elibrary.ru	4
Индекс Хирша по публикациям в РИНЦ	3
Индекс Хирша по ядру РИНЦ	3
Число публикаций, процитировавших работы автора	45
Число ссылок на самую цитируемую публикацию	11
Число публикаций автора, процитированных хотя бы один раз	12 (85,7%)

Рис. 1. Результат работы программы.

По итогам проделанной работы был разработан алгоритм составления балльно-рейтинговой оценки публикационной активности авторов, на основании

которого создан программный продукт, реализующий данный функционал. Данный программный продукт может быть использован для объективной оценки и сравнения авторов. Благодаря полученному результату можно сделать выбор научного руководителя, оценить соавтора, использовать для прочих сценариев, в которых необходимо произвести анализ публикационной деятельности авторов.

Автор выражает благодарность научному руководителю Галееву Ильдару Хамитовичу (к.т.н., доцент, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ).

1. И. Х. Галеев, Н. Х. Галеева, Образовательные технологии и общество, 15, 594-608 (2012).
2. И. Х. Галеев, Educational Technology & Society, 16 (4), 387-402 (2013).
3. И. Х. Галеев, Educational Technology & Society, 17 (3), 583-602 (2014).
4. Электронная библиотека Elibrary URL: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=1009842 (Дата обращения 25.12.2020)
5. И. Х. Галеев, Educational Technology & Society, 18 (4), 767- 779 (2015).

ВЫБОР ПРОТОТИПА МОДЕЛИ ДЕФОРМАЦИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗАДАЧЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СМЕЩЕНИЙ ПО МРТ-ИЗОБРАЖЕНИЯМ

Семёнов Н.С.[1], Соловьёва С.Н.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ООО Научно-исследовательский центр «Авантренд», г. Екатеринбург, Россия
E-mail: nikolausemenov@mail.ru

SELECTION OF A PROTOTYPE BRAIN DEFORMATION MODEL FOR USE IN THE TASK OF DISPLACEMENT PREDICTING FROM MRI IMAGES

Semenov N.S.[1], Solovieva S.N.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] LLC Research Center «Avantrend», Yekaterinburg, Russia

This paper discusses the problem of glial brain tumors and ways to solve this problem.

Исследования показывают, что поверхность мозга деформируется до 20 мм после открытия черепа во время операции, что составляет до 20% от линейного размера головного мозга. Это может привести к существенной ошибке во время операционного вмешательства, поскольку фактическое положение тканей во

время операции не совпадают с теми, которые отражены на предоперационных МРТ изображениях [1].

Смещение мозга происходит не только вследствие давления самого объемного процесса, ограничивающего полость черепа. Значительную роль в патогенезе дислокационных синдромов играет увеличение объема содержимого черепа вследствие расстройства крово- и ликворо- циркуляции и связанного с этим отека мозга. Так же к возникновению дислокации структур способствует повышение ВЧД (внутричерепного давления) [2], так как во время вскрытия черепа происходит изменения давления мозга с внутричерепного на атмосферное, что приводит к дислокация всех структур головного мозга.

На предоперационном этапе, при визуальном осмотре, спрогнозировать смещения не представляется невозможным, по причине сложной анатомической структуре головного мозга и отсутствия необходимой для этого информации на МРТ изображениях. Это становится возможным при применении дополнительных методов цифровой обработки медицинских изображений и воссоздании деформационных процессов, проходящих в головной мозг. Для этого необходимо использовать модели деформации головного мозга учитывающие особенности операционного процесса и индивидуальные анатомические особенности пациента совместно с такими методами, как сегментация и регистрация медицинских изображений.

В тоже время, необходимо обеспечить баланс между уровнем абстракции (количество учитываемых параметров) используемых моделей и алгоритмов, а также приемлемых временем их исполнения, т.е. сокращении длительных вычислений при заданных вычислительных мощностях.

Глобальной целью работы является развитие инструментов моделирования деформации головного мозга с использованием алгоритмов цифровой обработки изображения для их последующего использования на этапе предоперационного планирования лечения глиальных опухолей.

Локальной целью работы является выбор прототипа модели деформации головного мозга для использования в задаче прогнозирования смещений по МРТ-изображениям.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить ряд задач:

1. Провести литературно-аналитический обзор существующих моделей деформации;
2. Определить критерии оценки аналогов и осуществить их отбор;
3. Определить прототип решения.

Для отбора аналогов аналогов были определены критерии.

Предполагаемая модель должна учитывать:

1. Вязкоупругость тканей;
2. Нелинейность деформации тканей;
3. Анизотропию тканей;
4. Гомеостатические характеристики;
5. Предусмотрена возможность изменения геометрии модели;

6. Решение должно быть обеспеченно в реальном времени;

Выбранный прототип позволит учесть деформационные изменения головного мозга с учетом индивидуальных анатомических особенностей пациента.

1. Р. Г. Хайбуллин, З. Р. Хайбулина, А. С. Яковлев, Креативная хирургия и онкология, 4, 51-53 (2010).
2. В. Е. Олюшин, А. Ю. Улитин, Б. И. Сафаров, Практическая онкология, 7 (2), 113-116 (2006).

РАСЧЕТ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПИРАМИДАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Денисов А.Ю.[1], Нархов Е.Д.[1], Сапунов В.А.[1], Сергеев А.В.[1], Евдокимов В.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: sergeev.ftf@gmail.com

CALCULATION OF PYRAMIDAL OBJECTS MAGNETIC FIELD

Denisov A.Y.[1], Narkhov E.D.[1], Sapunov V.A.[1], Sergeev A.V.[1], Evdokimov V.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The report presents the results of calculation of the pyramid's magnetic field in the geomagnetic field. As an example of a megalithic object we consider the Great pyramid. The effect of cavities and granite inclusions that may be in the volume of a limestone object (pyramid) is consider

Исследование свойств мегалитических объектов может быть сопряжено с трудностями, поскольку такие объекты часто являются историческими памятниками культуры, и проведение экспериментов на них требует тщательной подготовки. Этапом такой подготовки является подготовка максимального количества априорной информации об объекте, которую можно получить, из уже проведенных работ других коллективов, а также проведя математическое моделирование. Авторами работы [1] было проведено моделирование воздействия радиоволн на Великую пирамиду, получено распределение электромагнитных полей внутри. В данной же работе, результатами вычислений должно стать распределение магнитного поля вне тела пирамиды. Эти области доступны для непосредственной магнитной съемки, в частности – аэромагнитной. Соответственно, повысотные магнитные карты – имитация магнитной съемки, проводимой скалярным магнитометром. Пример таких магнитных карт приведен на рисунке 1. В качестве прототипа модели была выбрана Великая пирамида Гизы. Магнитные свойства материала пирамиды [2], взяты для случая известняковой породы. Параметры

внешнего магнитного поля в точке расположения пирамиды выбраны в соответствии с моделью IGRF-13 [3].

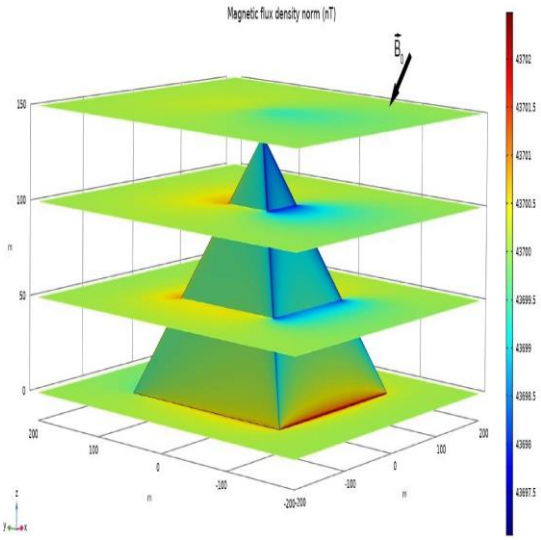


Рис. 1. Магнитное поле пирамиды, в геомагнитном поле (ось y совпадает с севером, угол наклонения вектора внешнего поля B0 – 44,5o; модуль геомагнитного поля 43700 нТл).

Результаты проведенных расчетов позволяют оценить величину магнитных аномалий, возникающих около пирамиды, а также ложатся в основу методики магнитной съемки. Полученные магнитные карты однородной пирамиды, выделили направления движения, вдоль которых аномалии от объектов (пустот, гранитных арок), заключенных внутри, дают наибольшую амплитуду.

1. M. Balezin, K. V. Baryshnikova, P. Kapitanova and A. B. Evlyukhin, J. Appl. Phys. 124, 034903 (2018).
2. V. K. Khmelevskoy and V. I. Kostitsyn, Fundamentals of geophysical methods, Perm, PSU, (2010).
3. International Geomagnetic Reference Field (Electronic resource, URL: https://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/igrf.html, accessed 21.12.2019).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ В ШАХТЕ-ХРАНИЛИЩЕ 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

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF TEMPERATURE CONDITIONS IN THE STORAGE PIT OF THE 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

The paper presents the results of the experimental study of temperature modes in different points of the spent fuel storage tank with various modes of the tank cooling. A device for simultaneous temperature measuring at point at various depth is developed.

В рамках нашего проекта по разработке системы пассивного отвода тепла с целью повышения безопасности исследовательского ядерного реактора ИВВ-2М предусмотрено проведение экспериментальных исследований температурных режимов в шахте-хранилище отработавших тепловыделяющих сборок (ШХ ОТВС) ИЯР ИВВ-2М в различных режимах эксплуатации, включая режим отказа системы расхолаживания шахты.

Для проведения исследований разработана и изготовлен термопарная штанга с учетом конструкционных особенностей ШХ ОТВС. В качестве штанги используется тонкостенная труба диаметром 20 мм и длинной 5 м, на которой с помощью фиксирующего кожуха закреплены 8 термопар с шагом по высоте 625 мм.

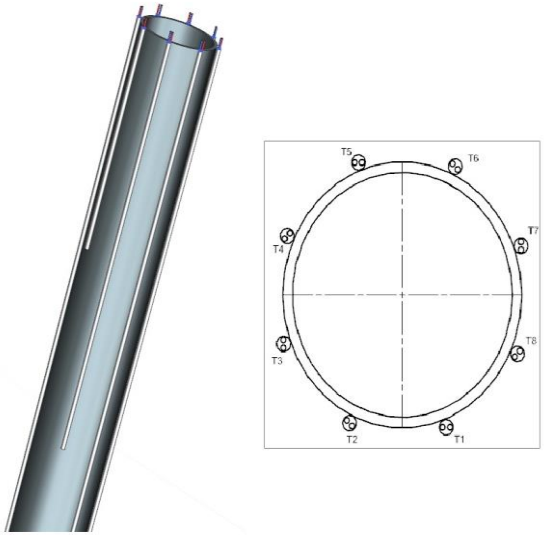


Рис. 1. Термопарная штанга.

Экспериментальные исследования температурных режимов в ШХ ОТВС ИЯР ИВВ-2М проводятся с целью определения зависимости температуры воды от глубины шахты, расположения ячеек, глубины выгорания топливных сборок и количества их загрузки в шахту, режимов эксплуатации системы расхолаживания, в том числе при отказах оборудования системы.

Экспериментальные данные будут сравниваться с результатами моделирования теплогидравлических процессов в шахте-хранилище.

На основе проведенных экспериментальных исследований в производственных условиях, а также исследований, проведенных в 2019-2020 гг., планируется разработать концепцию по повышению безопасности ШХ ОТВС ИЯР ИВВ-2М с использованием системы пассивного отвода тепла на основе тепловых труб (термосифонов) [1-2].

1. Д. Е. Шумков, С. С. Мингалимов, О. Л. Ташлыков, Инновации в атомной энергетике АО «НИКИЭТ», 705-711 (2019).
2. Д. Е. Шумков, О. Л. Ташлыков, Физика. Технологии. Инновации. ФТИ-2020. тезисы докладов VII Международной молодежной научной конференции, посвященной 100-летию Уральского федерального университета, Екатеринбург, УрФУ, 983-984 (2020).

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАСТУПЛЕНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ И СРОКА РОДОРАЗРЕШЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКО ПО АНАМНЕЗУ ПАЦИЕНТКИ

Синотова С.Л.[1], Лимановская О.В.[1], Плаксина А.Н.[2], Макутина В.А.[3]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия
[3)] АО "Центр семейной медицины", г. Екатеринбург, Россия
E-mail: sveta.volkova92@mail.ru

EXPERT SYSTEM FOR PREDICTING THE ONSET OF PREGNANCY AND THE TERM OF A CHILDBIRTH USING IVF DEPENDING ON THE PATIENT'S ANAMNESIS

Sinotova S.L.[1], Limanovskaya O.V.[1], Plaksina A.N.[2], Makutina V.A.[3]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia
[3)] "Center for Family Medicine", Yekaterinburg, Russia

The article describes the development of an expert system consisting of machine learning models that predict the onset of pregnancy, the term of childbirth.

Представлено описание процесса разработки экспертной системы, прогнозирующей вероятность наступления беременности при использовании вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ): ЭКО, ИКСИ или их сочетания. Данный продукт представляет собой приложение, разработанное как вспомогательный инструмент для оценки успешности ВРТ.

Для создания системы использовалась информация о 562 женщинах, прошедших протокол ВРТ в 2014 – 2018 годах, полученная в Автоматизированной системе «Региональный акушерский мониторинг» (АС «РАМ») [1].

В составе системы имеется пять бинарных классификаторов, один из которых прогнозирует вероятность наступления беременности, а четыре других в совокупности представляют собой реализацию многоклассового классификатора, предсказывающего срок родов. Все классификаторы построены на основе модели случайного леса (Random Forest). Отбор значимых признаков проводился при помощи алгоритма Boruta. Все 53 бинарных признака, используемых в моделях, относятся к анамнезу пациентки (акушерский анамнез, хронические заболевания, хирургические вмешательства, перенесенные болезни, информация о заболеваниях ближайших родственников, анамнез жизни) и информации о текущем состоянии ее здоровья (ИМТ, возраст, лечение, получаемое в настоящее время, номер попытки ВРТ).

Цель дальнейшей работы – добавление в экспертную систему данных протокола, что позволит моделировать проведение протокола ВРТ и корректировать прогноз с учетом успешности различных его этапов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-37-90121.

1. Автоматизированная система «Региональный акушерский мониторинг. Версия 1.2.»: свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2017619189 Российская Федерация / А.Ф. Ситников, Н.А. Зильбер, С.Г. Абабков, Н.О. Анкудинов, Н.Л. Трофимова, Р.Н. Каримов. - № 2017616013; заявл. 23.06.2017; опубл. 16.08.2017.

СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЭКСПОРТНОГО КОНТРОЛЯ В РАДИОИЗОТОПНОЙ ПРОДУКЦИИ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

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

A SYSTEM FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF IDENTIFYING EXPORT CONTROL OBJECTS IN RADIOISOTOPE PRODUCTS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

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 that are objects of foreign economic activity, using modern technologies for automating processes and decision-making algorithms.

В современном мире вопросам нераспространения оружия массового поражения уделяется особое внимание как на международном, так и на национальном уровне. Национальные системы экспортного контроля определяют правила осуществления экспортных операций с продукцией двойного назначения и накладывают на экспортеров обязанности по проведению идентификации поставляемой продукции и получению экспортных лицензий [1]. При этом идентификация продукции является трудоемким процессом, требующим наличия специальных познаний в различных областях науки и техники, а также в международных отношениях. Внедрение специализированных цифровых платформ в области экспортного контроля значительно сокращает время выполнения процессов за счет полной или частичной автоматизации, кроме того, обеспечивает соблюдение установленных процедур в полном объеме, соответственно повышается достоверность результатов [2].

Уральский федеральный университет является экспертной организацией в сфере экспортного контроля и осуществляет независимые идентификационные экспертизы товаров двойного назначения, используя современные цифровые платформы. Одной из особенностей разработанной платформы является применение искусственного интеллекта для автоматизации процессов и верификации результатов. Настоящее исследование проводилось с целью оценки эффективности работы используемой цифровой платформы при автоматизации процессов идентификации продукции.

Для проведения исследования были определены критерии для оценки эффективности и верификации полученных результатов автоматизированной системы идентификации продукции двойного назначения.

Также для проведения исследования была подготовлена выборка различных товаров, подлежащих идентификации. Для упрощения обобщения полученных результатов в выборку были включены товары, относящиеся к радиоизотопной продукции.

В результате исследования была оценена эффективность работы автоматизированной системы идентификации продукции с помощью искусственного интеллекта, которая в дальнейшем будет использована для тестирования при обновлениях информационной системы и алгоритмов идентификации. Также результаты исследования позволили подтвердить эффективность работы цифровой платформы и достоверность получаемых результатов.

Статья подготовлена при финансовой поддержке ППК 3.1.1.1.г-20

1. И. В. Качаев, Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования: Научный интернет-журнал. 6(16) (2013)
2. A. P. Skripov, AIP Conf. Proceed. 2313, 090004 (2020)

НАУЧНЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ВЕБ СЕРВИС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОСТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ В ПРОЦЕССЕ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ

Слышева А.Г.[1], Низовцева И.Г.[1], Стародумов И.О.[1], Вихарев С.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: ilya.starodumov@urfu.ru

SCIENTIFIC COMPUTATIONAL WEB SERVICE FOR RESEARCH OF THE MICROSTRUCTURE TRANSITIONS DURING SOLIDIFICATION

Slysheva A.G.[1], Nizovtseva I.G.[1], Starodumov I.O.[1], Vikharev S.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The concept of the computational web service is presented, within the flexible multisolver framework of which the opportunity of cloud computing and processing for studying the microstructural characteristics of a substance during its solidification are implemented.

В докладе представлен концепт вычислительного веб сервиса, позволяющего решать задачи моделирования микроструктурных свойств вещества в процессе его затвердевания. Ядром сервиса являются проекты (математические модели), разрабатываемые пользователями-исследователями с использованием одного из поддерживаемых языков программирования и соответствующих солверов. Сервис позволяет пользователям проводить облачные вычисления, обработку и анализ результатов, сохранять файлы результатов на сервере, управлять доступом к этим файлам со стороны других пользователей. К основным характеристикам сервиса относятся:

1) поддержка свободных и проприетарных языков программирования/солверов (в настоящий момент реализована поддержка Wolfram и Python);

2) поддержка системы личных кабинетов и приватного дискового пространства;

3) система динамического распределения ресурсов сервера посредством использования очереди задач (Celery & RabbitMQ);

4) система администрирования сервиса (использование инструментов администрирования Django приложений).

На текущий момент сервис ориентирован на исследования динамики микроструктуры бинарных соединений с помощью одномерных моделей направленного затвердевания с резкой границей перехода (задача Стефана) и в присутствии двухфазной зоны [1-4]. Поскольку процессы направленной кристаллизации часто сопровождаются ростом твердой фазы в объеме переохлажденной (пересыщенной) жидкости важным обстоятельством является учет зарождения и роста кристаллитов, а также оценка значения этих процессов для общей динамики фазо-

вого перехода. С использованием разработанного сервиса стало возможным провести моделирование кристаллизации некоторых бинарных соединений как с учетом протяженной зоны фазового перехода (двухфазной зоны), так и в предположении плоского фронта. Представленные результаты позволяют оценить микроструктурную динамику направленного затвердевания и, в особенности, интенсивность процессов вблизи фронта кристаллизации (например, оценить распределение температуры и концентрации примеси).

Представленные результаты работы веб сервиса приносят пользу как в научно-исследовательских проектах, так и в образовательных целях при работе со студентами, аспирантами.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант 19-71-10044

1. I. G. Nizovtseva, I. O. Starodumov & D. Alexandrov, J. Phys. Condens. Matter, 32, 304003, (2020).
2. I. G. Nizovtseva, I. O. Starodumov, D. V. Alexandrov, I. V. Rakhmatullina, S. V. Vikharev, A. P. Malygin, AIP Conf. Proceed. 2216, 040019, (2020).
3. O. M. Zhukova, I. G. Nizovtseva, E. V. Pavlyuk, I. O. Starodumov, A. A. Ivanov, AIP Conf. Proceed. 2313, 060042, (2020).
4. I. G. Nizovtseva, I. O. Starodumov, E. V. Pavlyuk, A. A. Ivanov, Math. Meth. Appl. Sci. 1–11, (2020).

РАЗРАБОТКА РУКОВОДСТВА ПО ПОДГОТОВКЕ ОТЧЕТА ОБ ОЦЕНКЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ДЛЯ ЦЕНТРА ЯДЕРНОЙ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ ВЬЕТНАМА

Та Ван Тхыонг[1], Ташлыков О.Л.[1], Фам Хак Туйен[2], Ву Хоанг Хай[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт атомной энергии Вьетнама (VINATOM), г. Ханой, Вьетнам
E-mail: vantkhyong.ta@urfu.me

DEVELOPMENT OF GUIDANCE ON THE PREPARATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT REPORT FOR THE CENTER FOR NUCLEAR SCIENCE AND TECHNOLOGY OF VIETNAM

Ta Van Thuong[1], Tashlykov O.L.[1], Pham Khac Tuyen[2], Vu Hoang Hai[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Vietnam Atomic Energy Institute (VINATOM), Hanoi, Vietnam

The structure of the guidelines for the preparation of an environmental impact assessment (EIA) report for the Vietnam nuclear research reactor project is presented. The legal and technical basis for the preparation of the report, the requirements for the reporting organization are described.

Вьетнам и Россия подписали межправительственное соглашение (21 ноября 2011 г.) о строительстве Центра ядерной науки и технологий (ЦЯНТ) [1].

Основным оборудованием ЦЯНТ является многоцелевой исследовательский реактор (ИР) мощностью 10-15 МВт. В состав ЦЯНТ входят также лаборатории техники неразрушающего контроля, центр моделирования систем АЭС, центр материаловедения. Место расположения Центра (рис.1) выбрано в уезде Лонгхань провинции Донгнай, в 70 км от города Хошимин и занимает площадь 100 га [2].

Целью представленной работы является анализ нормативных документов России, других стран, включая рекомендации МАГАТЭ, по подготовке руководства отчета об оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) в соответствии с правовыми и техническими требованиями Вьетнама и разработка руководства по подготовке отчета об ОВОС для проекта ЦЯНТ Вьетнама.

Для достижения данной цели решались задачи по сбору, обобщению и анализу требований правил и стандартов Вьетнама для экологической оценки в соответствии с указаниями Министерства природных ресурсов и окружающей среды (MONRE), а также руководящих указаний МАГАТЭ, правил и норм в области атомной энергетике Российской Федерации.



Рис. 1. Будущий центр ядерной науки и технологий во Вьетнаме (RCNEST) с новым исследовательским реактором (10-15 МВт).

Руководство по подготовке отчета по ОВОС состоит из следующих основных частей: краткое описание проекта; природные, социально-экономические условия и текущее состояние окружающей среды на территории проекта; оценка и прогноз воздействия проекта на окружающую среду, а также предложение мер и работ по охране окружающей среды и реагированию на чрезвычайные экологические ситуации; программа экологического менеджмента и надзора; результаты консультации [3].

1. РИА Новости [Электронный ресурс]: "Росатом" и Вьетнам подписали меморандум по Центру ядерной науки. – Режим доступа: https://ria.ru/20190522/1554807638.html
2. Tran Chi Thanh. SITE SURVEY AND EVALUATION REPORT AND ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT REPORT, VIE1010 - SEED Advisory meeting. Hanoi, 08 December 2020.
3. Pham Khac Tuyen. CURRENT STAGE OF THE DEVELOPMENT OF GUIDANCE ON THE PREPARATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT REPORT (EIA), VIE1010 - SEED Advisory meeting. Hanoi, 08 December 2020.

АНАЛИЗ ДЛИН ПРЕДЛОЖЕНИЙ В ТЕКСТАХ ПУБЛИЧНЫХ ВЫСТУПЛЕНИЙ НА МАТЕРИАЛЕ ЕЖЕГОДНЫХ ВЫСТУПЛЕНИЙ ЛИДЕРОВ ПАРТИЙ ВЕЛИКОБРИТАНИИ

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 SENTENCE LENGTHS IN PUBLIC SPEAKING BASED ON THE MATERIAL OF THE ANNUAL SPEECHES PARTY LEADERS OF THE UK

Tsizhmovska N.L.[1], Martyushev L.M.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We have two main results under this study. The first result is linear decrease in the length of sentences (with the slope coefficient is 0.14). The second result is that the distribution of sentence length is best described by the Weibull distribution.

С середины XX века был достигнут большой прогресс в исследовании языка при помощи математических методов, и, в частности, в области статистического анализа длин предложений (см. обзоры [1,2]). Полученные результаты имеют не только теоретическое, но и прикладное значение, в частности для классификации текстов по темам, анализа тональности текста, создания чат-ботов, установления авторства текстов и многое другое.

Целенаправленное изучение зависимости длины слов и предложений от времени (эпохи) было начато А.В. Мельниковой [1], которое было продолжено и существенно расширенно [2]. Анализировалась выборка инаугурационных речей президентов США из 58 текстов в период с 1789 до 2017 года. Используя статистический анализ, было определено, что за 228 лет средняя длина предложений в тексте линейно уменьшается (коэффициент угла наклона составляет 0.14±0.03). Так вначале изученного периода средняя длина равна 45 словам, а в конце 14.

Для проверки того насколько полученный результат в [2] имеет универсальный характер для англоязычных выступлений в данной работе были проанализированы ежегодные выступления лидеров партий Великобритании, которые были взяты из электронного архива [3]. Было проанализировано 224 текста в период с 1895 до 2018. Средняя длина предложений в тексте также линейно уменьшается (коэффициент угла наклона составляет 0.14±0.02). Так вначале изученного периода средняя длина предложения равна 31 слову, а в конце 14. Медиана и максимальное количество слов в предложении аналогично линейно уменьшаются. Интересным фактом стало то, что среднее количество предложений в текстах со временем линейно увеличивается (в 1985 году – 144 предложения, в 2018 – 378), при

этом среднее значение количества слов в текстах со временем не изменяется, а лишь колеблется в определенных значениях.

Сильным отличием Великобритании от США является большое количество текстов, являющихся дву- и более модальными. Так если в США было 14 из 48 текстов, то в Великобритании – 138 из 224 текстов. При этом подтверждения влияния модальности на другие статистические параметры не было выявлено.

Распределения длин предложений проверялись на соответствие к дву- и однопараметрическим распределениям таким, как Вейбулла, логнормальное, нормальное, полунормальное, Рэлея. Ранжирование вероятности принадлежности выборки к распределению проводилось по критерию Колмогорова-Смирнова. С большой вероятностью можно сказать, что рассмотренные речи распределены по Вейбуллу. Так на первом месте Вейбулл оказывается 147 раз, на втором – 72, на 3 – 4 раза, то есть во всех речах он занимает с 1 по 3 место. Только в 32 текстах уровень значимости ниже 5%. Средний же уровень значимости для 224 текстов для Вейбулла составил 0,25, для США он составил 0,51.

Вышеперечисленное подтверждает и расширяет не только полученные ранее результаты, но и их универсальный характер для других англоязычных выступлений [1,2].

1. А. В. Мельникова, ВКР магистра (руководитель Мартюшев Л.М.), Екатеринбург: УРФУ (2019).
2. N. L. Tsizhmovska and L. M. Martyushev, AIP Conf. Proc. 2313, 070029 (2020).
3. British Political Speech http://britishpoliticalspeech.org/index.htm

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ РАДИАЦИОННО-ОПАСНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ БН-600

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

DEVELOPMENT OF A VIRTUAL MODEL OF RADIATION-HAZARDOUS ROOMS OF THE BN-600 REACTOR PLANT

Zavadskii D.I.[1], Tashlykov O.L.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The creation of a 3D virtual model of several radiation-hazardous rooms of the first circuit of the BN-600 fast-neutron reactor with sodium coolant, using Autodesk Revit and Autodesk 3ds Max programs, is considered in this work.

Принцип оптимизации имеет важное практическое значение для обеспечения радиационной безопасности на всех этапах жизненного цикла объектов использования атомной энергии (ОИАЭ), начиная с проектирования и заканчивая выводом из эксплуатации АЭС [1, 2].

Передвижение в незнакомой обстановке, особенно в помещениях, насыщенных оборудованием и трубопроводами, увеличивает время пребывания персонала в полях ионизирующего излучения, и соответственно дозы облучения. Поэтому, предварительное ознакомление с рабочей зоной с помощью фотографий, видеоматериалов, макетов, трехмерных моделей помещений с оборудованием может дать значительный вклад в сокращении времени пребывания персонала в таких помещениях [3].

Перспективным направлением оптимизации радиационной защиты персонала является использование виртуальных моделей радиационно-опасных объектов для решения задач маршрутизации радиационно-опасных работ.

Создание реалистичной среды для тренировок, которая в обычных условиях сопряжена с высоким риском или высокими затратами на персонал; позволяет воспроизводить определенные условия. Для атомной энергетики – это виртуальные модели радиационно-опасных помещений, насыщенных сложным технологическим оборудованием. Иначе говоря, это технологии дополненной реальности (alternative reality - AR): визуальные подсказки, помогающие работнику выполнять задачи по эксплуатации и ремонту.

В качестве примера эффективности использования данных технологий можно привести внедрение AR корпорацией Boeing. Сотрудники компании ускорили процесс сборки жгутов и снизили риск совершить ошибку. При помощи специального приложения оператор производства или электрик отдает голосо-

вую команду: «Начать создание жгута. Сканировать заказ» и видит в очках дополненной реальности визуальные подсказки по сборке. В результате внедрения технологии, Boeing сократил время производства электропроводки на 25% и снизил уровень человеческих ошибок почти до нуля [4].

В данной работе рассматривается создание 3D виртуальной модели нескольких радиационно-опасных помещений 1-го контура энергоблока БН-600 Белоярской АЭС, с помощью программ Autodesk Revit и Autodesk 3ds Max (см. рис.). На основании 3D модели создаются материалы для обучения персонала – виртуальные обходы, призванные оптимизировать время нахождения персонала в полях ИИ, с помощью обучения ориентации в малознакомых помещениях, насыщенных оборудованием и трубопроводами. Для анализа эффективности виртуального обучения проводилась серия замеров времени, за которое производится обход по заданному маршруту. Сравнивались результаты для опытных, подготовленных и неподготовленных лиц из числа персонала. Затем результаты сравнивались и выводилась некоторая зависимость времени обхода, в минутах, от знаний интерактивного материала.

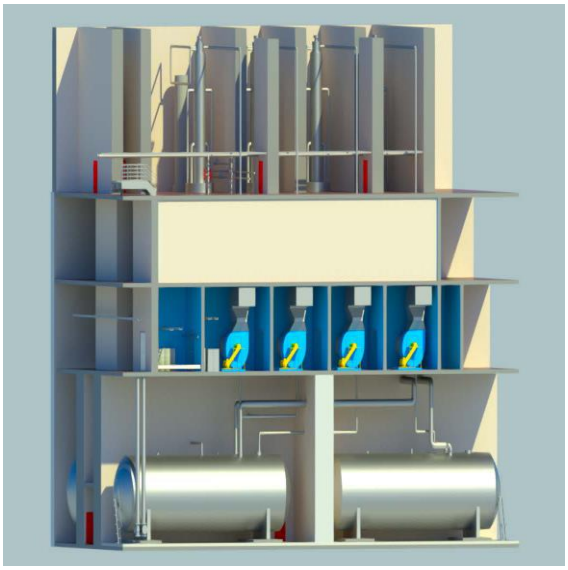


Рис. 1. Разрез 3D модели радиационно-опасных помещений блока БН-600.

1. Организация работы в целях оптимизации радиационной защиты от профессионального облучения на атомных электростанциях. Публикация ОЭСР. Париж. 114-115 (2009).
2. О. Л. Ташлыков, Дозовые затраты персонала в атомной энергетике. Анализ. Пути снижения. Оптимизация. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. RG. 232 (2011).
3. D. I. Zavadskii and O. L. Tashlykov, AIP Conf. Proceed. 2313, 070017 (2020).
4. И. А. Котовщиков, В. А. Петраков, А. Н. Остроушко [и др.], Юный ученый, 6, 3-7 (2020).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Жарков Г.В.[1], Бабенко А.А.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия
E-mail: g89954113431@gmail.com

DETERMINATION OF THE COMPOSITION OF THE INFORMATION PROTECTION SYSTEM IN STATE INFORMATION SYSTEMS

Zharkov G.V.[1], Babenko A.A.[1]

[1)] Volgograd State University, Volgograd, Russia

This article discusses the process of choosing the composition of information protection means in state information systems. A software tool was developed to automate the process of selecting the composition of protective equipment. Each stage of this process is described.

Выбор наиболее эффективного состава системы защиты информации в государственных информационных системах состоит из пяти этапов, причем на каждом этапе необходимы соответствующие данные [1]. Опишем каждый из этих этапов.

Первым этапом является формирование модели угроз и оценка рисков. Для качественной оценки необходимо сведения о составе государственной информационной системы, актуальные угрозы, а также вероятность их возникновения [2]. Результатом анализа является список угроз и рисков, которым подвержена анализируемая государственная информационная система [3].

Второй этап включает в себя создание матрицы отношений между угрозами, определенными на первом этапе, и средствами защиты информации, перекрывающие данные угрозы. Для создания матрицы отношений необходим актуальный список средств защиты.

На третьем этапе происходит экспертная оценка средств защиты информации по таким параметрам, как: срок действия сертификатов ФСТЭК/ФСБ; многофункциональность; соответствие заявленного в программном обеспечении СЗИ уровню контроля на отсутствие не декларированных возможностей; стоимость СЗИ ГИС; количество нейтрализуемых угроз каждым техническим СЗИ в ГИС; величина предотвращенного техническим СЗИ в ГИС риска от реализации угрозы. Помимо применения экспертного метода на данном этапе необходимо знание приемлемого и критического значений рисков на основе присвоенного уровня защищенности, анализируемой государственной информационной системы.

На четвертом этапе осуществляется определение обобщенного показателя эффективности каждого средства защиты информации в государственной информационной системе. Для определения показателя необходимо знание частных

критериев эффективности каждого средства защиты информации, а также знание «эталонного» показателя эффективности.

На последнем этапе происходит непосредственное определение средств защиты с лучшими показателями эффективности [4].

В результате работы данного алгоритма, помимо, определения наиболее эффективного состава средств защиты информации в государственной информационной системе, так получается получить показатели эффективности для каждого средства защиты.

Данный алгоритм реализован в программном комплексе «Определение состава системы технической защиты информации в государственных системах» (свидетельство о государственной регистрации программы №2020615502 от 25 мая 2020 г) [5].

1. Федеральный закон "Об информации, информационных технологиях и о защите информации" от 27.07.2006 N 149-ФЗ
2. В. В. Селифанов, А. С. Гордеев, Д. Г. Макарова, А. А. Старикова, Интерэкспо Гео-Сибирь, 228-232 (2018).
3. Приказ ФСТЭК России от 11 февраля 2013 г. N 17 Об утверждении Требований о защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах.
4. Методический документ. Меры защиты информации в государственных информационных системах. Утвержден ФСТЭК России 11 февраля 2014 г.
5. Бабенко А.А. Жарков Г.В. Программа определение состава системы технической защиты информации в государственных системах: св-во о гос. рег. прогр. для ЭВМ 2020615502 Российская Федерация. Зарегист. 25.05.2020.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ЗАЩИТЫ ПОМЕЩЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ ОХРАНЫ

Звонарев В.С.[1], Бахрачева Ю.С.[1, 2]

[1)] Московский государственный гуманитарно-экономический университет, г. Москва, Россия

[2)] Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия

E-mail: bakhracheva@volsu.ru

SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR THE PROTECTION OF PREMISES BY TECHNICAL MEANS OF SECURITY

Zvonarev V.S.[1], Bakhracheva Y.S.[1, 2]

[1)] Moscow State University of Humanities and Economics, Moscow, Russia

[2)] Volgograd State University, Volgograd, Russia

On the basis of the Arduino Uno R3 microcontroller, a software and hardware complex for protecting the premises with technical security equipment has been developed. Programming of the device is performed in the native programming language Arduino, which is a version of C / C++.

В связи с рисками потери ценной информации, ее порчи или непосредственной кражи из помещения, в котором находятся основные носители информации, возникает необходимость об установке автономной технической системы охраны, представляющей собой целый комплекс технических средств фиксирующий, а в некоторых случаях и блокирующий возможность проникновения в защищаемое помещение злоумышленника. В настоящее время существует большой набор аппаратных средств, позволяющих проводить охрану выбранного помещения. Для управления аппаратной частью, необходима программная составляющая с соответствующими корректировками во время ее установки.

Таким образом, разработка программно-аппаратного комплекса, определяющего наиболее эффективную организацию технических средств охраны в помещении в рамках защиты от материально-вещественных злоумышленных воздействий, является актуальной.

Аппаратная часть программно-аппаратного комплекса реализована на основе одного из самых распространенных микроконтроллеров, применимого для решения текущей задачи, ArduinoUnoR3 [1]. Программирование работы прибора производится на собственном языке программирования Arduino, являющегося фактически версией C/C++. Для реализации нескольких каналов связи для данного микроконтроллера используются две дополнительные платы, специально разработанные для передачи данных соответственно по GSM/GPRS и Ethernet каналу SIM900 и ArduinoEthernetShieldW5100.

Визуальное отображение подключения системы показано на рисунке.

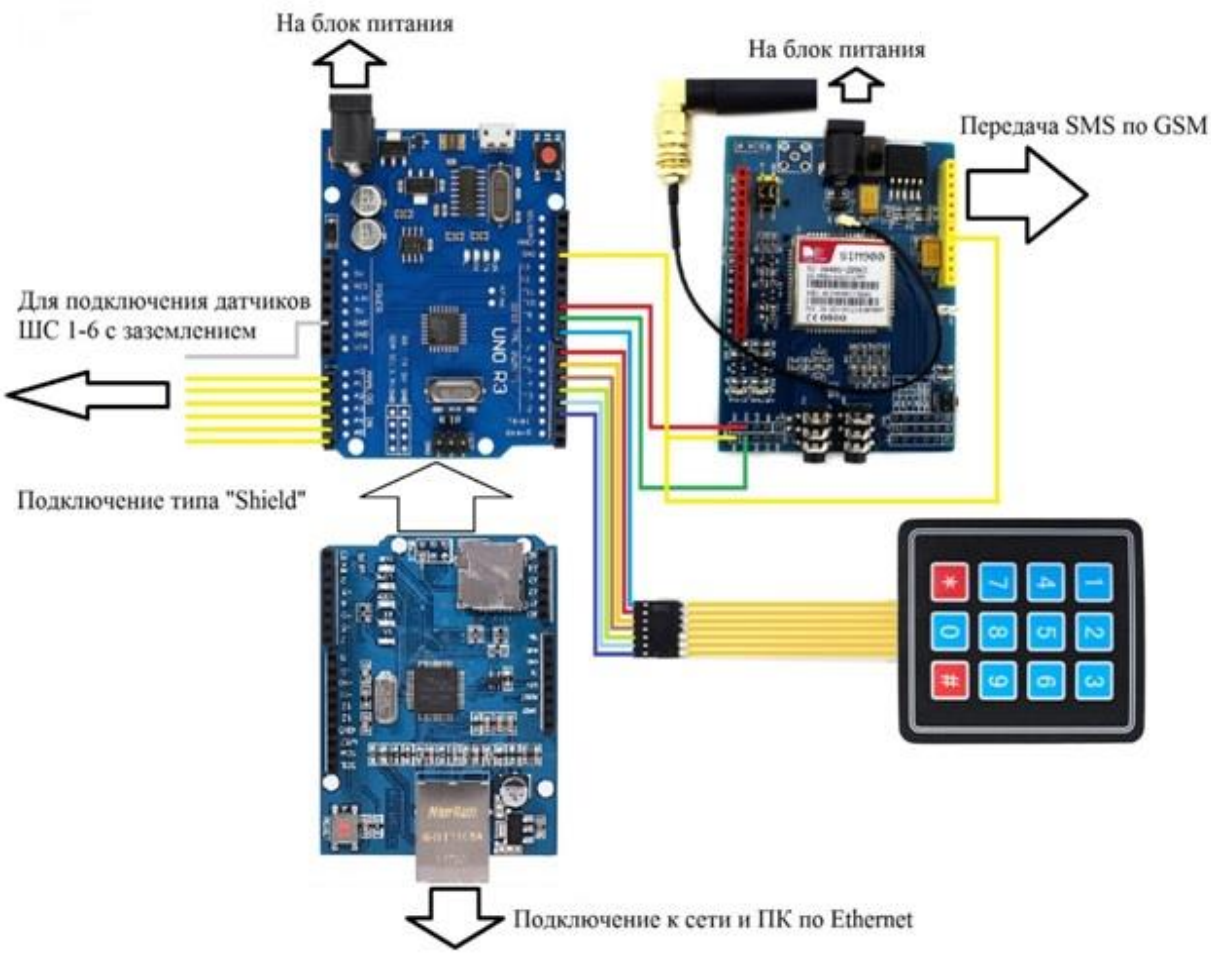


Рис. 1. Визуальное отображение подключения системы.

При проведении экспериментальных исследований была проведена проверка основных функциональных возможностей системы, показывающих ее соответствие актуальным рекомендациям для технических средств охраны.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области в рамках научного проекта № 19-48-340015 р_а.

1. A. Okita. Learning C# programming with Unity 3D, AK Peters/CRC Press, (2014)

СЕКЦИЯ 7

БИОИНЖЕНЕРИЯ И БИОТЕХНОЛОГИИ

THE ROLE OF CLUSTERIZATION PARTICLES IN MAGNETIC HYPERTHERMIA AFFECTED BY A MAGNETIC FIELD

Ali Abu-Bakr[1,2], Andrey Zubarev[1,3]

[1)] Theoretical and Mathematical Physics Department, Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
[2)] Mathematics and Computer Science Department, Faculty of Science, Menoufia University, Egypt
[3)] M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia
E-mail: alibakrm@yahoo.com

The idea of magnetic hyperthermia is in the injection of a ferrofluid with nano-sized ferromagnetic particles into the tumor area, affected by magnetic field. This work deals with the theoretical study of the heat production by dense clusters of particles with strong magnetic anisotropy.

The main idea of magnetic hyperthermia method (MH) is in the injection of a ferrofluid with nano-sized ferromagnetic particles into the tumor area. The particles are heated by external alternating magnetic field. Many investigations illustrate that MH allows heating in vivo tumor region up to temperatures 42°C−46°C. In this temperature range the tumor cells die, whereas the healthy cells survive. Magnetic hyperthermia is especially efficient in combination with chemotherapy and radiotherapy. Usually, iron oxide (magnetite, maghemite) particles are used in the bio-medical applications of magnetic hyperthermia [1,2]. First, because they are not toxic; secondly - relatively cheap and, next, they have sufficient magnetic moment, to be detectable in magnetic fields, easy achievable in laboratory and clinical conditions. It was concluded in works that particles, with diameter about 20nm and more are the most efficient for these applications. On the other hand, experiments [3] demonstrate that clusterization of the particles with diameter about 10nm rather enhances the thermal effect.

The present work deals with the theoretical study and mathematical modelling of the heat production by dense clusters of particles magnetic anisotropy. We consider a system of single-domain ferromagnetic particles, immobilized in a host medium. It is supposed that the particle magnetic anisotropy is strong. The mathematical models are formulated and solved in the cases of the dense cluster of nanoparticles. Analysis of results shows that clusterization of the particles with strong magnetic anisotropy weakens the thermal effect of magnetic hyperthermia. It can be important and interesting in the fields of technological applications of the magnetic particle and biomedical hyperthermia applications.

This paper has been supported by RFFI, grants 18-08-00178, 19-52-45001 and the state program of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, project № FEUZ-2020-0051.

1. Y. Jing, H. Dong-Yan, M. Z. Yousaf, H. Yang-Long, G. Song, Chin. Phys. B 22(2), 1-13 (2013).
2. A. F. Abu-Bakr, A. Zubarev, J.Magn.Magn. Mater 377, 470-473, (2019).
3. C. Guibert, V. Dupuis, V. Peyre, J. Fresnais, J. Phys. Chem. C. 119(50), 28148–28154, (2015).

ТЕФЛОН-4 В ВЫСОКОДОЗНОЙ ЭПР-ДОЗИМЕТРИИ ДЛЯ РУТИННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Агданцева Е.Н.[1], Мильман И.И.[1, 3], Цмокалюк А.Н.[1], Снегирев А.С.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия
[3)] ИФМ УрО РАН, Россия, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: e.n.agdantseva@urfu.ru

TEFLON-4 IN HIGH-DOSE EPR DOSIMETRY FOR ROUTINE MEASUREMENTS

Agdantseva E.N.[1], Milman I.I.[1, 3], Tsmokalyuk A.N.[1], Snegirev A.S.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russian Federation
[2)] Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russian Federation
[3)] Institute of Electrophysics UB RAS, Yekaterinburg, Russian Federation

In this work the possibility of using PTFE as a detector of dosimetric EPR-systems for control of radiation technologies is considered. A series of experimental results confirming the principal possibility of using PTFE-based detectors in high-dose dosimetry of ionizing radiation have been obtained.

Дозиметрический контроль является неотъемлемой частью радиационных технологий (РТ) во всех сферах их применения [1]. В современных дозиметрических системах, служащих для регистрации фотонных и корпускулярных излучений в широком интервале доз и энергий, используются дозиметрические системы, основанные на измерении электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Метод основывается на зависимости величины сигнала ЭПР от концентрации индуцированных ионизирующим излучением парамагнитных центров (ПЦ), возникающих во многих материалах. Главными достоинствами метода, наряду с высокой точностью, являются неразрушающее считывание информации и возможность многократного использования одного и того же детектора без влияния на сигнал [2]. К сожалению, до настоящего времени в России ЭПР- дозиметрия не получила широкого распространения из-за отсутствия приборной базы и высокой стоимости импортных ЭПР-спектрометров.

В качестве объекта исследования в работе выбран политетрафторэтилен (ПТФЭ, $(C_2F_4)n$, тефлон-4) отечественного производства, в образцах ПТФЭ образуются парамагнитные центры, регистрируемые в спектрах ЭПР. Исследуемые образцы детекторов на основе тефлона-4 имели длину 1 см, ширину 1 см и толщиной 0,1-1 мм. Образцы из тефлона облучали на установке ГУР-120 (ФГБНУ ВНИИРАЭ) дозами равными 20, 30 40 и 50 кГр. Для определения поглощенной дозы и контроля облучения использовались пленочные детекторы СО ПД(Ф)Р-5/50. Измерение оптической плотности пленок производилось на спектрофотометре ПЭ-5400УФ ЭКРОСХИМ. Погрешность измерения поглощенной дозы составляла не более 7% при доверительной вероятности 0,95.

По данным измерений ЭПР-спектров построена дозовая зависимость, играющая роль градировочной кривой для тефлоновых детекторов, получена аналитическая зависимость амплитуды пика в сигнале ЭПР от дозы. Проведено сравнение результатов с полученными ранее [3]. Полученные результаты продемонстрировали возможность применения детекторов на основе тефлона-4 для решения задач в области высокодозной дозиметрии квантовых излучений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90239.

1. Алимов А.С. Практическое применение электронных ускорителей : препринт НИИЯФ МГУ № 2011 – 13/877. – М. : НИИЯФ МГУ, 2011. – 41 с.
2. Assessment of an alanine EPR dosimetry technique with enhanced precision and accuracy / R.B. Hayes, E.H. Haskell, A. Wieser, A.A. Romanyukha, B.L. Hardy, J.K. Barrus // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. – Elsevier Science B.V. – 2000. – Vol. 440. – P. 453-46.
3. Berdenev N. E. et al. EPR/PTFE dosimetry system for routine measurements of high absorbed irradiation doses //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2019. – Т. 2174. – №. 1. – С. 020085.

СРАВНЕНИЕ И АНАЛИЗ ЭПР-СПЕКТРОВ ТЕФЛОН-4 И ТЕФЛОН-40

Аглетдинов М.Р.[1], Агданцева Е.Н.[1], Цмокалюк А.Н.[1], Мильман И.И.[1, 2]

[1)] Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Российская Федерация
[2)] Институт электрофизики УрО РАН, Екатеринбург, Российская Федерация
E-mail: m.agletdinov2018@gmail.com

COMPARISON AND ANALYSIS OF EPR-SPECTRA OF TEFLON-4 AND TEFLON-40

Agletdinov M.R.[1], Agdantseva E.N.[1], Tsmokalyuk A.N.[1], Milman I.I.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russian Federation
[2)] Institute of Electrophysics UB RAS, Yekaterinburg, Russian Federation

In this paper the prospects of using Teflon-40 as a detector for dosimetric EPR systems are discussed. Experimental data shows its increased radiation resistance compared to Teflon-4.

Создание метода дозиметрии на основе электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) позволило точно и просто определять уровень поглощённой дозы в веществе при условии образования в нем парамагнитных центров (ПЦ) под действием ионизирующего излучения (ИИ). Поиск материалов, которые способны выступать в роли детекторов ИИ, является важной задачей современной науки [1, 2].

В качестве объекта исследования в работе были выбраны политетрафторэтилен (ПТФЭ, $(C_2F_4)n$, тефлон-4) и сополимер тетрафторэтилена и этилена (ТЕФЗЕЛ, $(CF_2\text{-}CF_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2)n$, тефлон-40) отечественного производства. Образцы имели идентичные размеры. Было проведено облучение электронным ИИ с целью выявления закономерностей между полученной дозой и величиной ЭПР сигнала. На рисунке 1 можно заметить, что ЭПР сигналы похожи, но имеют существенные отличия. Полуширина первого пика у тефлона-4 меньше, чем у тефлона-40, однако высота больше. Вторые пики имеют схожую структуру по полуширине, однако величина пика у тефлона-40 больше величины тефлона-4. Третий пик у тефлона-4 отсутствует, в отличие от тефлона-40. Именно добавление в элементарную ячейку полимера группы $\text{-}CH_2\text{-}CH_2$ внесло такие изменения в форму ЭПР сигнала.

В ходе анализа данных ЭПР-спектров была построена градуировочная зависимость для ЭПР-детекторов из тефлона-40, проведено сравнение свойств двух близких по строению полимеров, также получен задел на дальнейшее изучение радиационных свойств тефлона-40.

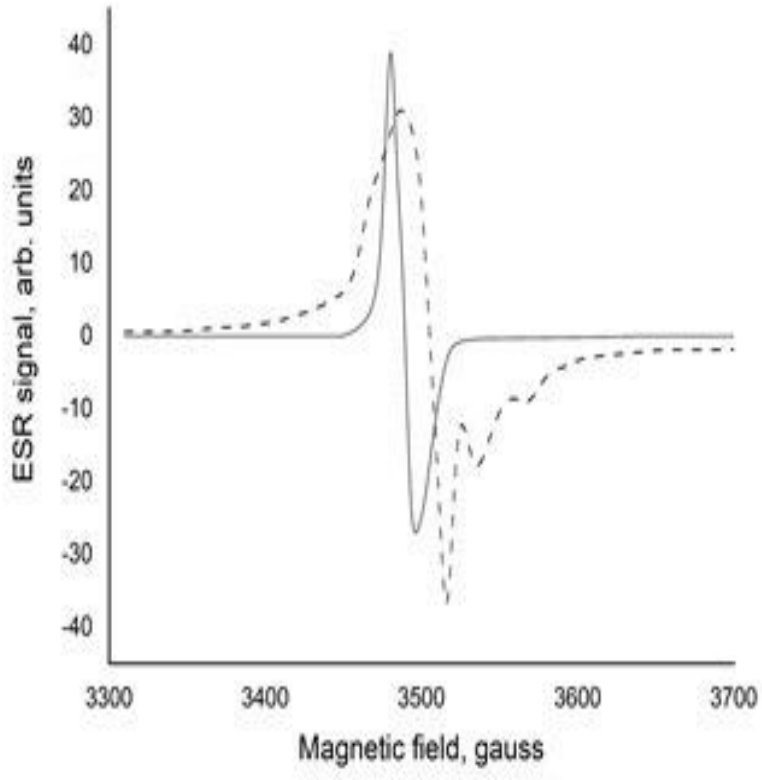


Рис. 1. ЭПР спектры для тефлон-4 и тефлон-40 при дозе 40 кГр. Пунктирная линия - тефлон-40, сплошная линия - тефлон-4.

Полученные результаты позволяют говорить о перспективности использования его как более релевантную альтернативу распространенным аланиновым детекторам в ЭПР-дозиметрии, а также в индивидуальной дозиметрии при расследовании радиационных катастроф, вследствие большой радиационной стойкости исследуемого материала.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90239.

1. Assessment of an alanine EPR dosimetry technique with enhanced precision and accuracy / R.B. Hayes, E.H. Haskell, A. Wieser, A.A. Romanyukha, B.L. Hardy, J.K. Barrus // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. – Elsevier Science B.V. – 2000. – Vol. 440. – P. 453-46.
2. Алимов А. С. Практическое применение электронных ускорителей: препринт НИИЯФ МГУ № 2011 – 13/877. – М.: НИИЯФ МГУ, 2011. – 41 с.

СЕМАНТИЧЕСКАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОРАЖЕНИЙ ЛЕГКИХ, ВЫЗВАННЫХ ИНФЕКЦИЕЙ SARS-COV-2, МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Артемьев М.С.[1], Смирнов А.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина

E-mail: cccp9697@mail.ru

SEMANTIC SEGMENTATION AND QUANTIFICATION OF LUNG LESIONS CAUSED BY SARS-COV-2 INFECTION BY MACHINE LEARNING METHODS

Artemyev M.S.[1], Smirnov A.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The subject of this study is the development of program code in Python to implement segmentation and quantification of lung lesions caused by SARS-CoV-2 infection.

Пандемия COVID-19 оказала разрушительное воздействие на здоровье людей во всем мире. Проявление вирусной инфекции в легких было одним из самых ранних показателей заболевания и может играть важную роль в клиническом ведении пациентов. Помутнения матового стекла являются наиболее распространенной находкой на изображениях компьютерной томографии (КТ) легких COVID-19, как правило, мультифокальных, двусторонних и периферических. Однако тип, размер и распределение поражения легких могут варьировать в зависимости от возраста пациентов и степени тяжести или стадии заболевания.

Задача данного исследования состоит в реализации программного кода на языке Phyton для сегментации и количественной оценки поражений легких, вызванных инфекцией SARS-CoV-2, по данным компьютерной томографии.

Объектами исследования являются КТ изображения легких COVID-19, полученные у пациентов разного возраста, пола и с различной степенью тяжести заболевания.

Для достижения поставленных целей использовались следующие методы:

Random forest (с англ. — «случайный лес») — алгоритм машинного обучения, применяется для задач классификации, регрессии и кластеризации. Основная идея заключается в использовании большого ансамбля решающих деревьев, каждое из которых само по себе даёт очень невысокое качество классификации, но за счёт их большого количества результат получается хорошим [1].

KNN – в это методе каждый из объектов представляется в виде вектора в N-мерном пространстве, каждое измерение в котором представляет собой описание одного из признаков объекта. Для обучения классификатора необходимо иметь

набор объектов, для которых заранее определены классы. Это множество называется обучающей выборкой, её разметка производится вручную, с привлечением специалистов в исследуемой области [2].

Метод опорных векторов (англ. SVM, support vector machine) — набор схожих алгоритмов обучения с учителем, использующихся для задач классификации и регрессионного анализа. Основная идея метода — перевод исходных векторов в пространство более высокой размерности и поиск разделяющей гиперплоскости с максимальным зазором в этом пространстве. Две параллельных гиперплоскости строятся по обеим сторонам гиперплоскости, разделяющей классы. Разделяющей гиперплоскостью будет гиперплоскость, максимизирующая расстояние до двух параллельных гиперплоскостей [3].

1. Shotton Jamie, Johnson Matthew, Cipolla Roberto. Semantic texton forests for image categorization and segmentation // Computer vision and pattern recognition, 2008. CVPR 2008. IEEE Conference on / IEEE. – 2008. – P. 1–8.
2. Учебник по внедрению k-ближайших соседей в Python с нуля [Электронный ресурс] // www.machinelearningmastery.ru – URL: https://www.machinelearningmastery.ru/tutorial-to-implement-k-nearest-neighbors-in-python-from-scratch/ (дата обращения 23.01.2021)
3. ML — Машина опорных векторов (SVM) [Электронный ресурс] // CoderLessons.com – URL: https://coderlessons.com/tutorials/python-technologies/uznaite-mashinnoe-obuchenie-s-python/ml-mashina-opornykh-vektorov-svm (дата обращения 23.01.2021)

BRACHYTHERAPY IN THE TREATMENT OF CANCEROUS (MALIGNANT) DISEASES

Arzhelovskaya A.A.[1], Smirnov A.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

E-mail: arzhelovskayaaa@gmail.com

Brachytherapy is one of the innovative methods of radiation therapy, where a radiation source based on the I125 isotope is implanted into the tumorous tissue.

Brachytherapy is one of the innovative methods of radiation therapy, where a radiation source based on the I[1]25 isotope is implanted into the tumorous tissue. The microsource is a air-locked multicomponent product consisting of a silver base with the I[1]25 radioisotope and a titanium capsule braided with a fiber of reabsorbable surgical material. Brachytherapy is the most attenuated method in the treatment of prostate cancer today.

The facility complex consists of three main blocks that allow for local and thorough irradiation of the prostate gland and neoplasms: a three-dimensional sound facility that directly visualizes the prostate gland itself and the neoplasm in it; an interoperative

planning system that provides the main advantage of brachytherapy - unsurpassed irradiation accuracy; apparatus "NUCLETRON", which contains the radiation source.

D&K Technologies CmBh PSID (JetSpeed 5) software is designed for planning prostate cancer treatment and for individual dose prescription. The software supports online connection to the ultrasound system during the preliminary planning of the implantation of radioactive sources and during the operation.

The basic dose is calculated for the entire period of 596 days of active persistence of the implant and is 160 Gy in the prostate gland. The lower limit of the effective dose is D90 144 Gy along the contour of the prostate gland. In this case, the maximum permissible load on the urethra is 140 Gy, the rectum and the bladder 30 Gy, and should not exceed 30% of the volume calculated during planning, usually 1 - 1.5 cm^2. The use of low energies guarantees a high dose fall gradient. The load on other organs and structures of the small pelvis does not exceed 0.1 Gy. The adequacy of the dosimetry plan and doses is assessed by the radiation oncologist. There are different approaches to the distribution of grains at different centers, but the common thing is to calculate the dose based on the anatomy of each individual prostate gland, and not on an accepted standard. The purpose of this work is to study the relevance of the interface, the unity of the platform, a comprehensive assessment of the planning and connection flexibility of the PSID (JetSpeed 5) software from D&K Technologies Cmbh and to evaluate the visualization of the image of the analysis of the planning system for different radiation-monitoring plans.

The research study was supported by the Department of Radiotherapy of the Federal Government Budgetary Institution "National Medical Research Center for Oncology named for N.N. Petrov" of the Ministry of Health of Russia, Budgetary Public Health Facility SO "Sverdlovsk Clinical Hospital No. 1".

ПРИЛОЖЕНИЕ С ГРАФИЧЕСКИМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИМ ИНТЕРФЕЙСОМ ПО СЕГМЕНТАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ МИКРООБЪЕКТОВ СРЕДСТВАМИ MATLAB

Аюпова А.В.[1], Низамова А.Р.[1], Смирнов А.А.[1]

[1)] ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

E-mail: alinazigan@mail.ru

APPLICATION WITH A GRAPHICAL USER INTERFACE FOR SEGMENTATION OF BIOLOGICAL MICROOBJECTS USING MATLAB

Ayupova A.V.[1], Nizamova A.R.[1], Smirnov A.A.[1]

[1)] Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "UrFU named after the first President of Russia B.N. Yeltsin"

In the course of the work, an application with a graphical user interface for the segmentation of biological microobjects using Matlab will be created, which will automate the counting of microorganisms when working with a microscope.

Автоматизация рутинных процессов в различных работах начинает встречаться все чаще, так как технологии развиваются, и появляется возможность заменить трудоемкие процессы автоматической программой.

Например, работа с микроскопом, а именно – ручной подсчет клеток различного типа, занимает много времени и не дает достаточно точный результат. Поэтому мы задумались над усовершенствованием метода подсчета клеток и созданием приложения, которое автоматизирует работу с микроскопом и позволит минимизировать погрешность эксперимента.

Работа приложения будет реализована средствами Matlab, включающими в себя инструменты обработки изображений Image Processing Toolbox с возможностью интеграции искусственных нейронных сетей. Пользователь сможет загрузить фотографию биологических микрообъектов под микроскопом и получить на выходе количество объектов на изображении. Также планируется добавить возможность анализа дополнительных характеристик, например определение жизнеспособности клетки (решение задачи классификации по цвету объекта), её размеров и т.п. Приложение может быть реализовано для ПК и смартфона и синхронизировано между ними, что повышает удобство его использования на разных этапах исследований. Так, сохранив данные, полученные в лаборатории, пользователь сможет легко продолжить их обработку на ПК.

Благодаря своему функционалу данное приложение будет востребовано среди бакалавров, магистрантов, аспирантов, научных работников, да и всех тех, кто нуждается в автоматизации процесса подсчета микрообъектов.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АНАЛИЗА Т-ТУБУЛЯРНОЙ СЕТИ В МИОЦИТАХ СЕРДЦА КРЫС

Байнова В.К.[1], Михрякова П.П.[1], Мячина Т.А.[1, 2],
Бутова К.А.[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 УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: politova.vk@gmail.com

DEVELOPMENT OF METHOD FOR ANALYSIS OF THE T-TUBULAR SYSTEM IN RAT CARDIOMYOCYTES

Baynova V.K.[1], Mikhryakova P.P.[1], Myachina T.A.[1, 2],
Butova X.A.[2], Khokhlova A.D.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Immunology and Physiology UrB of RAS, Yekaterinburg, Russia

The t-system is the highly structured network of membrane invaginations playing an important role in the regulation of cardiac electromechanical coupling and contraction. We designed an approach to evaluate the structure of the cardiomyocyte t-tubular system in detail.

Сеть поперечных Т-тубул – это инвагинации сарколеммы миоцитов сердца, содержащие ионные каналы и насосы, в том числе потенциал-чувствительные Ca2+ каналы L-типа, которые сопряжены с внутриклеточными системами высвобождения ионов Ca2+ [1]. Таким образом, Т-тубулярная сеть является структурной детерминантой электромеханического сопряжения, обеспечивая быструю передачу электрического сигнала по мембране клетки и играя важную роль в регуляции внутриклеточной концентрации ионов Ca2+, определяющего сократительную функцию миокарда. Изменение структуры Т-тубулярной сети при патологии миокарда может служить механизмом появления нарушений сердечного ритма и нарушения насосной функции сердца. Целью данной работы являлась разработка подхода к оценке структуры Т-тубулярной сети в одиночных кардиомиоцитах.

Эксперименты были выполнены на крысах Wistar в соответствии с Директивой 2010/63/EU. Изоляция кардиомиоцитов была реализована посредством авторской методики [3]. Для визуализации Т-тубулярной сети мембрана клеток была окрашена флюоресцентным красителем di-8-ANEPPS (AAT Bioquest, США) в концентрации 20 μM. Для загрузки флюорофора содержащая краситель суспензия 20 минут инкубировалась в темноте при комнатной температуре, после чего надосадочная жидкость, содержащая неутилизированный краситель, удалялась и заменялась раствором Тирод с номинальным содержанием Ca2+ (0,01 мМ) для предотвращения спонтанных сокращений клетки в ходе процедуры сканирования.

Регистрация изображений Т-тубулярной сети выполнялась с помощью конфокальной системы Carl Zeiss LSM-710 (Германия). Для возбуждения флуоресценции применялся Ar-лазер с длиной волны 488 нм, регистрация свечения осуществлялась в оптическом канале 591–676 нм в режиме полноразмерного сканирования изображения с использованием иммерсионного объектива 63x. Для предотвращения влияния перекрытия ветвей Т-тубулярной сети с других слоёв миоцита сканирование по оси oZ выполнялось послойно с шагом 0.22 μм. Послойный анализ Т-тубулярной сети далее выполнялся при помощи специального ПО Fiji (US National Institutes of Health, США). Оценивались такие параметры, как количество отдельных инвагинаций, количество ветвей между ними и средняя длина одной ветви. Для минимизации засветки красителя на поверхности мембраны целесообразным является анализ второго слоя от верхней мембраны кардиомицита.

Методика послойного анализа позволяет минимизировать ошибку измерения из-за перекрытия ветвей сети Т-тубул других слоёв миоцита и получить количественные параметры, полным образом характеризующие структуру Т-тубулярной сети.

При поддержке гос.задания ИИФ УрО РАН (тема № АААА-А19-119070190064-4).

1. C. Ferrantini, C. Crocini, R. Coppini, F. Vanzi, C. Tesi, E. Cerbai, C. Poggesi, F. S. Pavone and L. Sacconi, Cell. Mol. Life Sci. 70, 4695–4710 (2013).
2. E. Wagner, S. Branderburg, T. Kohl and S. E. Lehnart, J. Vis. Exp., Iss. 92, 51823 (2014).
3. X. A. Butova, T. A. Myachina and A. D. Khokhlova, MethodsX. 8, 101189 (2021).

РАСПОЗНАВАНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ С ПОМОЩЬЮ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКСЕЛЕРОМЕТРА С ОТЛАДОЧНОЙ ПЛАТЫ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Белоусов И.И.[1], Смирнов А.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

E-mail: mr.rubikscube@mail.ru

HUMAN ACTIVITY RECOGNITION BY A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS USING AN ACCELEROMETER FROM A MICROCONTROLLER-BASED DEBUG BOARD

Belousov I.I.[1], Smirnov A.A.[1]

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

Nowadays, neural networks can be compressed and implemented in everyday products. These neural networks can analyze data and can be trained to recognize features of a pattern. This project is based on the implementation of a neural network for recognizing human activity.

В наше время развитие нейронных сетей распространяется на платформы с меньшей вычислительной мощностью, такие как микроконтроллеры. В результате этого нейронные сети могут быть сжаты и реализованы в повседневных продуктах. Эти нейронные сети могут анализировать данные и могут быть обучены распознавать определенные закономерности. Если сеть хорошо обучена и способна правильно распознавать шаблоны, в результате получается продукт, способный реагировать на окружающее воздействие без необходимости активного ввода данных пользователем.

Распознавание деятельности человека — это проблема прогнозирования того, что человек делает, на основе отслеживания его движения с помощью датчиков, таких как акселерометр телефона, расположенного в кармане (записывают данные в трех измерениях (x, y, z)). После того, как деятельность субъекта распознана и известна, интеллектуальная компьютерная система может предложить помощь. Но не существует четкого аналитического способа связать данные датчиков с конкретными действиями в общем виде. Это технически сложно из-за большого объема собираемых сенсорных данных (например, десятки или сотни наблюдений в секунду).

В последнее время методы глубокого обучения достигли успеха в решении проблем распознавания, учитывая их способность автоматически изучать функции более высокого порядка. Процедуры извлечения признаков и построения модели часто выполняются одновременно в моделях глубокого обучения. Функции

могут быть изучены автоматически через сеть, вместо того чтобы разрабатываться вручную. Кроме того, глубокая нейронная сеть также может извлекать высокоуровневое представление на глубоком уровне, что делает ее более подходящей для сложных задач распознавания активности.

Модели сверточной нейронной сети (СНС), представляют собой тип глубокой нейронной сети, которая была разработана для использования с данными изображения, например, такими как распознавание рукописного ввода. Они доказали свою высокую эффективность в решении сложных задач компьютерного зрения, когда их масштабно обучали для таких задач, как идентификация и локализация объектов на изображениях и автоматическое описание содержимого изображений.

В итоге СНС могут применяться к данным распознавания человеческой деятельности. Модель СНС учится отображать заданное окно данных сигнала на действие, при котором модель считывает каждое окно данных и подготавливает внутреннее представление окна. Были разработаны довольно большие модели СНС, которые позволили претендовать на самые современные результаты по сложным стандартным наборам данных распознавания человеческой деятельности.

1. Deep learning for sensor-based activity recognition: A survey / Jindong Wang, Yiqiang Chen, Shuji Hao, Xiaohui Peng, Lisha Hu // Pattern Recognition Letters. March 2019. Vol. 119, P. 3-11

ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ ПЛАВЛЕНИЯ ФРАГМЕНТОВ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ

Белов Д.А.[1], Белов Ю.В.[1]

[1)] Институт аналитического приборостроения Российской академии наук (ИАП РАН), Санкт-Петербург, Россия

E-mail: belov.da@list.ru

NUCLEIC ACID FRAGMENTS MELTING SIGNALS PROCESSING

Belov D.A.[1], Belov Yu.V.[1]

[1)] The Institute for Analytical Instrumentation of the Russian Academy of Sciences (IAI RAS), St. Petersburg, Russia

The paper proposes a new technique of DNA molecules melting signals processing based on the compensation of the dye fluorescence intensity dependence on temperature and the melting signals modeling with an improved nonlinear S-shaped function.

Анализаторы нуклеиновых кислот на основе метода полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ) широко используются для анализа специфических последовательностей нуклеиновых кислот (НК). После проведения анализа ПЦР-РВ анализаторы позволяют выполнить в тех же пробирках анализ методом плавления молекул ДНК. Полученные в результате такого анализа графики плавления продуктов амплификации представляют собой S-образную зависимость измеренной величины флуоресцентного отклика от температуры образца.

В результате анализа методом плавления определяется температура плавления ДНК T_m, которая зависит от длины и состава исследуемого фрагмента ДНК, что позволяет ей служить критерием для сравнения исследуемых образцов с контрольными образцами и между собой [1]. Однако зависимость температуры плавления от концентрации солей и pH растворов образцов предъявляет жесткие требования к подготовке пробы. Дополнительным критерием плавления ДНК может служить интервал плавления ΔT, способный уменьшить влияние свойств анализируемого раствора на результаты анализа [2]. Нормализация графиков плавления, требуемая для определения интервала плавления, является нетривиальной задачей, поскольку графики содержат базовые линии сложной формы [3]. Известны методики аппроксимации графиков плавления различными модельными функциями [4, 5], позволяющие определить значение температуры T_m и не требующие предварительной нормализации. Авторами предлагается методика обработки данных Melting DT, позволяющая определить не только температуру плавления, но и интервал плавления ДНК ΔT.

Методика Melting DT включает в себя частичную нормализацию графиков плавления на основе компенсации зависимости интенсивности флуоресценции красителя от температуры и моделирование сигналов плавления усовершенствованной нелинейной S-образной функцией, при этом достигается полная нормализация сигналов. Значение температуры плавления T_m параметрически заложено в предложенную модель. Интервал плавления ΔT вычисляется на основе параметров модели как функция максимальной производной сигнала плавления по температуре.

С использованием этой методики на анализаторе нуклеиновых кислот АНК-32 проведен анализ методом плавления 3 известных образцов ДНК (по 4 пробы каждый). При использовании анализаторов нуклеиновых кислот серии АНК, которые серийно выпускаются в ИАП РАН, методика позволяет методом плавления подтверждать достоверность результатов анализа ПЦР-РВ. Оценка погрешностей измерения температуры плавления T_m позволяет сделать вывод о том, что анализатор нуклеиновых кислот АНК-32 совместно с методикой Melting DT соответствует требованиям методики плавления ДНК высокого разрешения.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 075-01073-20-00 Министерства науки и высшего образования РФ.

1. Курочкин В.Е., Белов Д.А., Белов Ю.В., Зубик А.Н., Научное приборостроение, 30(2), 10–16 (2020).
2. Веденов А.А., Дыхне А.М., Франк-Каменецкий М.Д., Успехи физических наук, 105, С. 479-519 (1971).
3. Palais R., Wittwer C.T., Methods Enzymol, 454, 323-43, (2009).
4. Белов Д.А., Корнева Н.А., Альдекеева А.С., Белов Ю.В., Киселев И.Г., Научное приборостроение, 26(2), 17–22 (2016).
5. Белов Д.А., Белов Ю.В., Широкорад А.Л., Научное приборостроение, 28(2), 11–19 (2018).

МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ПРОТОКЛЕТОК, ОСНОВАННАЯ НА АКТИВНОМ ТРАНСПОРТЕ ВЕЩЕСТВ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНУ

Мелких А.В.[1], Бондарь В.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

E-mail: muksun20001@gmail.com

MODEL OF PROTOCELL MOVEMENT BASED ON ACTIVE TRANSPORT OF SUBSTANCES THROUGH THE MEMBRANE

Melkikh A.V.[1], Bondar V.V.[1]

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

In this paper, a physicochemical model of the movement of protocells is constructed, the main mechanism of movement of which is the active transport of ions through the membrane. The motion model is based on the models of active ion transport in various cell types proposed earlier.

Механизмы движения протоклеток на ранних стадиях эволюции жизни остаются предметом дискуссий. Построение теоретических моделей такого движения является актуальным, поскольку экспериментальная реализация условий на ранних стадиях эволюции затруднена.

В данной работе построена физико-химическая модель движения протоклеток, основным механизмом движения которых является активный транспорт ионов через мембрану. Модель движения основана на моделях активного транспорта ионов в различных типах клеток, предложенных ранее [1, 2].

Основным предположением модели является то, что протоклетка могла иметь асимметричную структуру: с одной стороны переносить ионы внутрь клетки активно (за счет энергии гидролиза АТФ), а с другой стороны транспортировать их пассивно в окружающую среду. В результате такого переноса должен возникать импульс отдачи, который приводит к движению самой клетки. В результате про-

веденных оценок получено, что характерная скорость движения протоклетки составляет примерно 1 мкм/с, что сравнимо с известными скоростями известных на сегодня микроорганизмов.

Такой способ передвижения является наиболее простым и мог быть реализован на ранних стадиях эволюции протоклеток.

1. Melkikh A.V., Seleznev V.D. Mechanisms and models of the active transport of ions and the transformation of energy in intracellular compartments. Progress in Biophysics and Molecular Biology. 2012. V. 109. Issues 1-2, 33-57.
2. Melkikh A.V., Sutormina M.I. Developing synthetic transport systems. 2013. Springer. Dordrecht. ISBN 978-94-007-5892-6.

СУПЕРГИДРОФОБНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ИЗДЕЛИЯХ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ

Будницкая С.И.[1], Киселева М.С.[1], Сафонов А.И.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Россия
E-mail: svetabud03@gmail.com

SUPERHYDROPHOBIC SURFACES FOR MEDICAL DEVICE APPLICATIONS

Budnitskaya S.I.[1], Kiseleva M.S.[1], Safonov A.I.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Kutateladze Institute of Thermophysics, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

This study focuses on the development of robust superhydrophobic surfaces for medical device application. We studied samples of fluoropolymer (PTFE) coating, as well as commercial NEVERWET® coating applied on the sapphire substrate by means of Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR).

Во многих отраслях научно-технической деятельности, в частности в медицинской технике, существует проблема образования конденсата на оптических элементах системы, который препятствует корректной работе устройства [1]. Одним из вариантов решения данной проблемы является нанесение супергидрофобных покрытий, отталкивающих образовавшуюся при конденсации влагу [2]. В связи с особенностями применения, покрытия должны обладать устойчивостью к механическим повреждениям, воздействию высоких температур и дезинфекции. Целью данной работы являлось получение прозрачной супергидрофобной поверхности, отвечающей вышеперечисленным требованиям.

В качестве подложки для нанесения покрытий был выбран сапфир, так как он обладает высокой степенью оптической прозрачности в том числе в инфракрасной области спектра, устойчив к механическим воздействиям и химически инертен [3].

Для исследования были выбраны фторполимерные покрытия, а также устойчивое коммерческое покрытие NEVERWET® (производитель Rust-Oleum, США) [4]. Фторполимерное покрытие было нанесено методом химического осаждения из газовой фазы, активированной горячей каталитической нитью (Hot Wire Chemical Vapor Deposition, HW CVD) [5]. Покрытие NEVERWET® наносилось на образец с помощью аэрозольных баллонов в соответствии с рекомендациями производителя (два слоя базового покрытия и один слой топового покрытия).

В ходе исследования полученных покрытий оценивалась их устойчивость к механическим повреждениям и воздействию высоких температур, а также характеристики смачиваемости. Оптические свойства и типы химических связей исследовались с помощью инфракрасной спектрометрии.

1. Kiseleva M.S., Burdina E.I., Safonov A.I., Starinskiy S.V., Anti-fogging coatings for medical device application (2020).
2. Durán I.R., Laroche G., Water drop-surface interactions as the basis for the design of anti-fogging surfaces: Theory, practice, and applications trends. 27, 7-21 (2018).
3. Pishchik, V., Lytvynov, L. A., Dobrovinskaya, E. R., Application of Sapphire, Springer US (2009).
4. Jiang L., Park-Lee K. J., Clinton R. M., Tang Z., Breedveld V., Hess D. W. Mechanical durability of liquid repellent coatings. 11, 4-10 (2017).
5. Safonov A.I., Sulyaeva V.S. , Gatapova E.Y., et al. Thin Solid Films. 653, 165–173 (2018).

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИАКРИЛАМИДНОГО ФЕРРОГЕЛЯ ОТ СОДЕРЖАНИЯ МАГНИТНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ

Бугаёва А.В.[1, 2], Шкляр Т.Ф.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: bantonina1998@mail.ru

INVESTIGATION OF THE DEPENDENCE OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF POLYACRYLAMIDE FERROGEL ON THE MAGNETIC FILLER CONTENT

Bugayova A.V.[1, 2], Shklyar T.F.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

In this work, the mechanical characteristics of polyacrylamide hydrogels with different content of strontium ferrite particles were compared using the DMA method. It is shown that with an increase in the concentration of magnetic particles from 0.00 to 11.01%, the viscoelastic properties increase.

Феррогели (ФГ) – перспективные материалы для использования в области биоинженерии. Они могут применяться в качестве матриц для культивирования клеток, направленной доставки лекарств, создания искусственных мышц [1-3]. Важным параметром для успешного применения новых материалов являются их вязкоупругие свойства, которые можно регулировать при синтезе различными способами. В частности, введение в полимерную сетку магнитных частиц (МЧ) позволит не только изменять механические характеристики, но и управлять такими композитными материалами.

В данной работе исследована зависимость механических параметров полиакриламидных ФГ, наполненных различным количеством МЧ феррита стронция.

ФГ были синтезированы на основе полиакриламида методом радикальной полимеризации с начальной концентрацией мономера 0,6 М. Синтез выполнен в ИЕНиМ под руководством профессора Сафронова А.П. Исследуемые гели имеют одну сшивку на 100 мономерных звеньев и отличаются массовой долей частиц феррита стронция ($SrFe_{12}O_{19}$): 0,00%, 0,07%, 0,72%, 4,01%, 8,55%, 11,01%.

Методом динамо-механического анализа (ДМА) в диапазоне частот (f) от 0,05 до 10 Гц оценивали механические свойства ФГ. Для анализа зависимости механических параметров от концентрации МЧ использовали модуль накопления (G'), модуль потерь (G'') и коэффициент динамической вязкости (η').

Показано, что армирование сетки геля МЧ приводит к росту значений G', особенно на высоких частотах деформации: от 1 до 10 Гц. Выявлен рост величины

G" при увеличении концентрации МЧ, причем характер зависимости G"(f) не монотонный: на высоких частотах наблюдается выраженное уменьшение значений. Зависимость η'(f) обратно пропорциональная для всех типов ФГ. Для сравнительного анализа влияния концентрации МЧ выбраны значения механических параметров на минимальной частоте 0,05 Гц, чтобы учесть вклад релаксационных процессов. Установлено, что G' возрастает с увеличением концентрации МЧ (Рис. 1). Можно полагать, что с увеличением содержания магнитотвердого наполнителя полимерная сетка уплотняется за счет дополнительных физических связей между МЧ и полимерными цепочками, и упругость гелей возрастает.

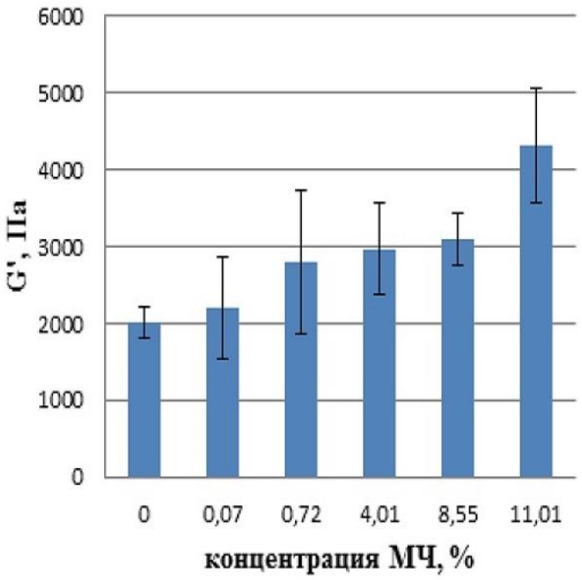


Рис. 1. Значения модуля накопления для гелей с разной концентрацией МЧ

G" и η' с увеличением концентрации частиц $SrFe_{12}O_{19}$ также возрастают: от 183,33 до 503,67 Па и от 538,57 до 1603,22 Па·с соответственно. Этот эффект объясняется также взаимодействием МЧ с полимером, и по мере увеличения концентрации магнитного наполнителя сетка уплотняется, что, в свою очередь, приводит к росту трения при деформации.

Таким образом, выявлена зависимость параметров, характеризующих упругие и вязкие свойства, от концентрации МЧ. Армирование полимерной основы МЧ повышает вязкоупругие свойства композитного материала.

Благодарим профессора А.П. Сафронова за предоставленные материалы для исследования.

1. Ф. А. Бляхман, Э. Б. Макарова, П. А. Шабадров, и др., Физика металлов и металловедение 121, № 4, 339–345 (2020).
2. F. A. Blyakhman, A. P. Safronov, A. Y. Zubarev, T. F. Shklyar et al., J. Results in Physics 7, 3624-3633 (2017).
3. R. Fuhrer, E. K. Athanassiou, N. A. Luechinger, W. Stark, J. Small 5, Iss. 3, 383-388 (2009).

СЕГМЕНТАЦИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В КАМЕРЕ ГОРЯЕВА С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМОВ RANDOM FOREST И XGBOOST

Вертенбергер Е.И.[1], Чечулина М.Ю.[1], Смирнов А.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: marycherry283@gmail.com

SEGMENTATION OF MICROORGANISMS IN GORIAEV'S CAMERA USING RANDOM FOREST AND XGBOOST ALGORITHMS

Vertenberger E.I.[1], Chechulina M.Yu.[1], Smirnov A.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This project is aimed to consider a way of solving a problem of counting the microorganisms in the Goriaev's camera based on machine learning algorithms.

Разнообразные количественные исследования микроорганизмов зачастую подразумевают подсчет исследуемых объектов с использованием специальных инструментов. Наиболее популярным вспомогательным устройством является камера Горяева, позволяющая упростить процесс подсчета микрообъектов, но процесс этот все еще остается продолжительным и трудоемким, а человеческий фактор обуславливает достаточно высокую вероятность ошибок.

Современные искусственные нейронные сети могут быть использованы в качестве инструмента автоматизированного подсчета, распознавания образов, прогнозирования, что позволяет адаптировать их к решению данной проблемы.

Цель данного проекта – оптимизация и автоматизация процесса подсчета микрообъектов в камере Горяева в форме решения задачи сегментации с применением сверточных нейронных сетей.

Для достижения цели была создана специальная база данных (датасет), составленная из анализируемых изображений – фотографий клеток дрожжей в камере Горяева, полученных с применением микроскопа. На этих изображениях были выделены области с живыми и мертвыми клетками и преобразованы в изображения-маски с помощью открытого онлайн-сервиса Apeer.com. Данные изображения предназначены для обучения искусственной нейронной сети.

Код для сверточной нейронной сети написан на языке программирования Python с использованием открытых библиотек Keras и TensorFlow. Алгоритмы Random Forest и XGboost применяются в качестве инструментов прогнозного моделирования с высокой производительностью для успешного решения задачи сегментации.

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА НА ПРОРАСТАНИЕ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ВИДА ERUCA VESICARIA

Чернобровкин Т.В.[1], Вазиров Р.А.[1], Соковнин С.Ю.[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: t.v.chernobrovkin@urfu.me

INFLUENCE OF RADIATION TO A LOW-ENERGY ELECTRONIC BEAM ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF PLANTS OF THE SPECIES ERUCA VESICARIA

Chernobrovkin T.V.[1], Vazirov R.A.[1], Sokovnin S.Yu.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Electrophysics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Observations of the growth of Eruca vesicaria seeds irradiated with doses of 2, 5, 10 and 15 cGy were carried out at the URT-0.5 electron accelerator. Samples 2, 10 and 15 cGy showed the possibility of a growth stimulation effect.

На сегодняшний день проблема микробиологического загрязнения пищевой и сельскохозяйственной продукции всё ещё актуальна. Наиболее перспективным методом обеззараживания пищевой и сельскохозяйственной продукции является радиационная обработка ионизирующим излучением (ИИ). ИИ обеззараживает пищевые продукты за счёт уничтожения потоком гамма квантов либо электронов патогенных микроорганизмов, грибков, насекомых и их личинок [1]. Но обработка сельскохозяйственной продукции с применением высоких доз от 1 до 10 кГр негативно сказывается на развитии эмбриона, что приводит к ингибированию роста и прорастаемости облученных семян. Используя неоднородную обработку, можно избежать негативного эффекта ИИ так как внутри дозы не превышают 1 Гр, а на поверхности остаются прежними. Данную методику можно реализовать с применением низкоэнергетического электронного пучка [2]. Однако облучение с поглощенной дозой менее 1 Гр также имеет радиационные эффекты, в частности может проявляться эффект гормезиса. В работах [3,4] продемонстрирован эффект стимуляции прорастания и роста растений, облученных дозами 5-20 и 30-70 Гр с применением Co60 как источника гамма-излучения. На данный момент эффект стимуляции семян малыми дозами радиации полностью не изучен. В связи с этим актуально оценить эффект от облучения малыми дозами низкоэнергетическим электронным пучком. Оценка стимуляционного эффекта позволит использовать выбранные дозы не только в целях продления срока хранения,

но и для повышения урожайности обработанной культуры. Проявление подавления прорастания и роста семян может указать на наличие ингибирующего эффекта выбранных доз.

В данной работе приведены результаты наблюдения за ростом семян вида Eruca vesicaria (руколы), обработанных тормозным излучением на ускорителе электронов УРТ-0.5 дозами 2, 5, 10 и 15 сГр. Определение поглощенной дозы проводилось посредствам термолюминесцентных дозиметров ТЛД-500. Всего было облучено четыре группы по 40 семян указанными дозами соответственно. Перед проведением наблюдения все семена каждой группы, включая контроль, были помещены на сутки во влажную вату для прорастания и последующего подсчёта проросших образцов далее были посажены 6 проросших семян из каждой группы, для наблюдения. Наблюдение проводилось в течение 18 дней. Для определения параметров жизнеспособности семян определялось количество проросших семян, количество живых образцов в каждый день, средняя длина стебля в каждый день (Рис. 1).

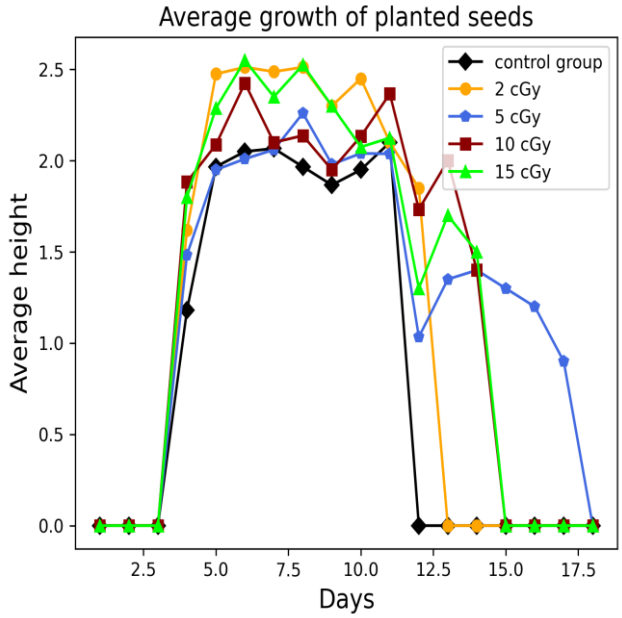


Рис. 1. Зависимость средней высоты стебля от дня измерения для контроля и групп, облученных дозами 2, 5, 10 и 15 сГр.

По результатам, представленным на графике, наблюдается эффект стимуляции роста при дозах 2, 10 и 15 сГр.

1. Ioannis S. Arvanitoyannis. Irradiation of Food Commodities: Techniques, Appli-cations, Detection, Legislation, Safety and Consumer Opinion. Academic Press is an imprint of Elsevier. 2010, pp 451 – 464.
2. Sokovnin S. Y. et al. Properties of hens' eggs after surface irradiation by nanosecond electron beam //Radiation Physics and Chemistry. – 2019. – Т. 165. – С. 108398.

3. Gudkov, S. V., Grinberg, M. A., Sukhov, V., & Vodeneev, V. (2019). Effect of ionizing radiation on physiological and molecular processes in plants. Journal of Environmental Radioactivity, 202, 8–24.
4. Bhupinder Singh, Datta P.S. Gamma irradiation to improve plant vigour, grain development, and yield attributes of wheat. Radiation Physics and Chemistry 79 (2010) 139–143.

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ОПУХОЛЕВО-ИММУННОЙ МОДЕЛИ В УСЛОВИЯХ ХИМИОТЕРАПИИ

Чухарева А.А.[1], Башкирцева И.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: ann.chukhareva@mail.ru

ANALYSIS OF DYNAMIC REGIMES OF A STOCHASTIC TUMOR-IMMUNE MODEL UNDER CHEMOTHERAPY

Chukhareva A.A.[1], Bashkirtseva I.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A two-dimensional model of the dynamic interaction of immune and tumor cells under chemotherapy is studied. We carried out the bifurcation analysis of the deterministic model. For the stochastic model, parametric estimations of the probability of transitions were obtained.

В настоящее время исследование конкурентного взаимодействия между опухолевыми и иммунными клетками является важной задачей биомедицины. Поскольку экспериментальное изучение механизмов этого взаимодействия довольно сложно, активно развивающейся областью нелинейной науки является исследование ключевых явлений на основе соответствующих математических моделей [1-3].

В докладе рассматривается двумерная модель динамического взаимодействия иммунных и опухолевых клеток в условиях химиотерапии, являющаяся модификацией известной модели Кузнецова [1]. Проведен бифуркационный анализ детерминированной модели в зависимости от коэффициента интенсивности химиотерапии. Показано, что система допускает три характерных состояния: «активной», «спящей», и «затухающей» опухоли. Дано описание равновесных и автоколебательных режимов, построены бассейны сосуществующих аттракторов. Найдены оценки дозы химиотерапии, обеспечивающей как удержание в режиме «спящей» опухоли, так и ее полное подавление.

Для стохастической модели получены параметрические оценки вероятности переходов между режимами «активной» и «спящей» опухоли, а также выявлены

условия, при которых случайные возмущения играют позитивную роль, приводя к резкому сокращению популяции опухолевых клеток.

1. V.A. Kuznetsov et al., Bull. Math. Biol., 56, 295–321 (1994)
2. I. Bashkirtseva, L. Ryashko, Physica A, 549, 123923 (2020)
3. I. Bashkirtseva et al., Commun. Nonlin. Sci. Num. Sim., 96, 105693 (2021)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННОГО СИГНАЛА В СЕМЕНАХ ПШЕНИЦЫ МЕТОДОМ ЭПР

Чуманова А.А.[1], Вазиров Р.А.[1], Соковнин С.Ю.[2], Цмокалюк А.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт Электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: chumanova.an@gmail.com

INVESTIGATION OF THE RADIATION-INDUCED SIGNAL IN WHEAT SEEDS BY EPR METHOD

Chumanova A.A.[1], Vazirov R.A.[1], Sokovnin S. Yu.[2], Tsmokalyuk A.N.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Electrophysics UB RAS, Ekaterinburg, Russia

The radiation-induced signal in wheat seeds was studied. The dependences of the EPR signal intensity on the absorbed dose are obtained and the kinetics of the radicals over the time is determined.

В современной пищевой промышленности одной из основных задач является увеличение производства и улучшение качества производимой продукции, что вызывает необходимость поиска инновационных решений во всех сферах агропромышленного комплекса [1]. Прежде всего данная задача решается путем внедрения технологий, позволяющих сократить потери при хранении и транспортировке продукции. В последние два десятилетия радиационная обработка все шире применяется как средство замедления прорастания семян и созревания фруктов, овощей, а также используется для предотвращения заражения пищевых продуктов микробами и насекомыми, для улучшения технологических свойств. Применение ионизирующих излучений не вызывает токсикологический опасности, не изменяет органолептических и питательных свойств продуктов при соблюдении рекомендованных доз и условий облучения [2].

Для контроля облученной продукции уникальным высокоэффективным методом является ЭПР-спектрометрия, позволяющая оценить количество образованных свободных радикалов и, таким образом, величину поглощенной дозы.

Данный метод достаточно быстрый, точный, не требует большой объем исследуемого образца, однако может быть ограничен временем жизни радикалов [3].

В настоящей работе исследован радиационно-индуцированный сигнал ЭПР в семенах пшеницы, облученной дозами от 1 до 30 кГр на ускорителе электронов УРТ-0.5 [4] в ИЭФ УрО РАН (0,5 МэВ, 60 нс, доза за импульс 300 Гр).

Данный диапазон доз соответствует требуемым эффектам задержки прорастания и дезинсекции семян [5]. Измерения проводились на ЭПР спектрометреELEXSYSE500

Полученный график первой производной сигнала ЭПР содержит два пика S1, S2 (рисунок 1). Определены зависимости интенсивности ЭПР сигнала от поглощенной дозы. Также проведена оценка кинетики радикалов во времени.

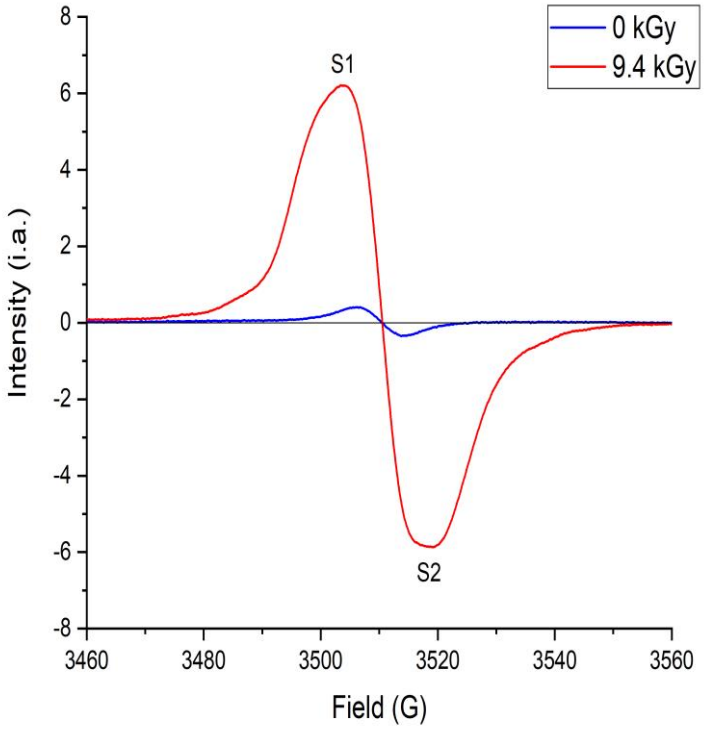


Рис. 1. Первая производная ЭПР сигнала пшеницы

1. Раров И.В., Белова Л.А. Современные тенденции развития АПК России // Научное обеспечение агропромышленного комплекса, Краснодар, 2016.
2. M. Korkmaz, M. Polat Free radical kinetics of irradiated durum wheat // Radiation Physics and Chemistry. 2000. Vol. 58, pp. 169-179.
3. Georg A. Schreiber, Norbert Helle, Klaus Werner Bögl Detection of irradiated food-methods and routine applications // International Journal of Radiation Biology. 1993. Vol. 63, No. 1, pp. 105-130.

4. Sokovnin, S.Yu., Balezin, M.E. Repetitive Nanosecond Electron Accelerators type URT-1 for radiation technology // Radiation Physics and Chemistry. 2018. Vol. 144, pp. 265-270.
5. Козьмин Г.В., Санжарова Н.И., Кибина И.И., Павлов А.Н., Тихонов В.Н. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности // Достижения науки и техники АПК. 2015. №5. С. 87-92.

THE RAT'S GASTROINTESTINAL TRACT DOSE DUE TO INNER IRRADIATION BY "HOT" PARTICLES

Denisova E.N.[1], Medzhidov I.M.[1], Kurachenko Yu.A.[1]

[1)] Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russia

E-mail: ellaizaden@mail.ru

The main regularities analysis of the "hot" radioactive particles transfer in the digestive tract of laboratory animals (rats), which serve as reference organisms in the tasks of evaluation the radiation risk of environmental contamination with radionuclides for biota and humans, is presented.

The study of radioactive particles (RPs) behavior in environmental objects is currently an important area of radioecology and veterinary radiobiology [1, 2]. Despite of the fact that there is a significant amount of publications on the problem of protecting humans and animals from ionizing radiation, information about transfer of radioactive particles and associated damage to the gastrointestinal tract (GIT) are limited. The formation of the radioactive particles may occur at nuclear and radiation accidents, nuclear explosions, the use of "dirty bombs", due to radioactive emissions from nuclear industry and production of raw materials with high concentrations of natural radionuclides [1].

The purpose of this study was to analyze available data on patterns of RPs transfer in the GIT of monogastric animals that serve as reference organisms [3] for assessing the radiation risk of environmental contamination for biota and humans.

To study the hot particle (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).

To estimate the critical organs (for example, the intestinal mucosa) radiation dose, the results of the Monte Carlo calculation were used, which provides a highly accurate result for a precision voxel model of a rat. Several models of the composition and state of hot particles and their localization are used in the calculations. The data is taken from field experiments (nuclear explosions). The calculated doses are in satisfactory agreement with the measurement data in the same field experiments.

Conducted research of the distribution and transport of RPs with a diameter of 80-160 μm in the gastrointestinal tract of monogastric animals allowed for the development of mathematical compartmental models and estimate their biokinetic parameters. The results obtained can be used to evaluate of irradiation doses of the mucous membrane of the digestive tract in the laboratory animals considered in this work upon oral ingestion of radioactive particles of arbitrary genesis. Biokinetic parameters of transport, obtained from experiments on rats can find application in the problems of estimating the doses of internal irradiation of human.

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. 77 P.
2. Kozmin G.V., Fesenko S., Snegirev A.S., Sanzharova N.I., Kurachenko Yu.A. Environmental behavior of radioactive particles: Transfer to animals // Journal of Environmental Radioactivity. 2020. V. 213. 11 P.
3. Environmental Protection: The Concept and Use of Reference Animals and Plants. ICRP Publication 108.; Annals of the ICRP, 2008. 251 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТОВ ИЗ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ

Драган И.М.[1], Киселева М.С.[1], Мышкина А.В.[1], Кульминская Н.Е.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ООО "АРАЛ", пгт Бобровский, Россия
E-mail: irina.m.dragan@yandex.ru

RESEARCH OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF EXTRACTS FROM NATURAL RAW MATERIALS

Dragan I.M.[1], Kiseleva M.S.[1], Myshkina A.V.[1], Kulminskaya N.E.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] OOO “ARAL”, Bobrovsky, Russia

Antioxidant activity is currently one of the most important characteristics of food substances. The main object of the research is tree bark extracts containing high concentration of antioxidants. Antioxidant activity was studied using α, α-diphenyl-β-picrylhydrazyl free radical scavenging method.

Антиоксиданты – вещества, главной функцией которых является перехват свободных радикалов, которые могут вызвать разрушительные реакции в организме, способствующие возникновению многих заболеваний и ускоряющих процесс старения организма. Однако, организм не способен самостоятельно синтезировать некоторые антиоксиданты, поэтому растительная пища во многом служит для человека источником не только питательных веществ, но и антиоксидантов [1].

В ходе данной работы нами были исследованы экстракты коры лиственницы (лат. larix), сосны (лат. pinus) и кедра (лат. cedrus), произведенные компанией ООО «АРАЛ» в Свердловской области. Кора деревьев содержит проантоцианидины в достаточно большом процентном соотношении (в изучаемых экстрактах их содержание находится в диапазоне от 85 до 97 процентов), что обуславливает высокие антиоксидантные свойства данного природного сырья и его эффективность в качестве источника антиоксидантов. Широкой распространенность лесной растительности в России объясняет доступность данного вида экстрактов. Дополнительно исследовалась активность других растительных экстрактов, а также смесь коры сосны и чаги для выявления взаимного влияния разных типов антиоксидантов.

Целью работы является исследование антиоксидантной активности (АОА) имеющихся экстрактов. Исследование проводилось методом оценки АОА образцов по их способности восстанавливать стабильный радикал 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил (ДФПГ, англ. DPPH). При взаимодействии с антиоксидантами ДФПГ отнимает у них электрон, в результате чего фиолетовая окраска восстанов-

ленного антиоксидантом ДФПГ сменяется бледно-желтой. По скорости снижения оптической плотности в максимуме поглощения радикала можно оценить АОА добавленных в раствор веществ (в нашем случае, экстрактов растительного происхождения) [2, 3].

1. Меньщикова Е.Б., Ланкин В.З., Зенков Н.К., Бондарь И.А., Круговых Н.Ф., Труфакин В.А. Окислительный стресс. Прооксиданты и антиоксиданты // Москва, Фирма «Слово», 2006. 556 с
2. Shekhar, Tailor & Goyal, Anju. (2014). Antioxidant Activity by DPPH Radical Scavenging Method of Ageratum conyzoides Linn. Leaves // American Journal of Ethnomedicine. 1. 244-249.

РАСПОЗНАВАНИЕ ПОЛА И БИОМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Дуйкова С.О.[1], Смирнов А.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: sonya.duikova@mail.ru

GENDER RECOGNITION AND BIOMETRIC IDENTIFICATION USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS

Duikova S.O.[1], Smirnov A.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Biometrics are body measurements and calculations related to human characteristics, one of the main biometric signs for identifying a person is hand. The aim of this work is to create a biometric identification method based on a large set of hand images using artificial neural networks.

Биометрия — система распознавания людей по одной или более физическим или поведенческим чертам. В последние годы биометрические данные начали использоваться во многих сферах жизни: отпечатки пальцев и распознавание лица в смартфоне, снятие биометрии для получения заграничного паспорта, использование голоса в банковских системах и так далее. Одним из основных биометрических признаков для идентификации человека является его рука.

Целью данной работы является создание метода биометрической идентификации, в частности пола и возраста, на основе большого набора изображений рук с помощью нейронных сетей. Для этого необходимо изучить существующие методы биометрической идентификации и их реализацию.

В качестве наборов изображений планируется взять набор данных, содержащий 11076 изображений рук 190 субъектов в возрасте от 18 до 75 лет, каждое изображение имеет разрешение 1600x1200 пикселей. Каждую руку фотографировали с тыльной и ладонной стороны на однородном белом фоне, размещая их на одинаковом расстоянии от камеры.

Нейронную сеть планируется создавать с помощью языка программирования Matlab, так как он популярен, прост в использовании и имеет много библиотек.

РАЗРАБОТКА ОБУЧАЕМОГО МОДУЛЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД ОБУЧАЕМОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

Егорова А.В.[1], Мазинг М.С.[2], Зайцева А.Ю.[2]

[1)] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия

[2)] Институт аналитического приборостроения РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

E-mail: anna@da-24.ru

DEVELOPMENT OF A TRAINABLE MODULE BASED ON THE METHOD OF NEURAL NETWORKS FOR IMAGE RECOGNITION OF BIOLOGICAL MEDIA BY A TRAINABLE DIAGNOSTIC SYSTEM

Egorova A.V.[1], Mazing M.S.[2], Zaitceva A.Yu.[2]

[1)] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

[2)] Institute for Analytical Instrumentation RAS, Saint Petersburg, Russia

An information module of non-invasive trainable diagnostic systems was developed and investigated to control the state of physiological systems of the body. The principal component analysis was chosen for use in the information module when analyzing the response to the functional load.

Разработан обучаемый модуль для неинвазивной диагностической системы для медико-биологических исследований, использующей массив полиселективных электрохимических и оптических сенсоров [1, 2]. Получаемая совокупность многомерных данных требует современной математической обработки. С целью визуализации и кластеризации для обработки данных применялся метод искусственных нейронных сетей как основной для информационного модуля, реализующего алгоритмы приема информации, обучения и распознавания образов исследуемых сред с возможностью формирования индивидуального образа состояния организма человека на основании анализа выходных сигналов массива электрохимических и оптических сенсоров.

С целью разработки методики сбора и подготовки данных информационным обучаемым модулем искусственной мультисенсорной системы были проведены экспериментальные исследования с участием 31 испытуемого мужского пола в возрасте от 18 до 23 лет. Для уменьшения процентного содержания кислорода в крови и для ухудшения снабжения тканей кислородом испытуемым была предложена функциональная нагрузка, представляющая собой задержку дыхания на глубоком вдохе на максимально возможное время. Предъявляемая испытуемым дыхательная функциональная нагрузка, вызывает существенные изменения в физиологических функциях организма и отражает устойчивость организма в условиях пониженного содержания кислорода в крови, тканях и органах (состояние гипоксии), выявляет адаптационные реакции и компенсаторные возможности сердечно-сосудистой системы человека в период гипоксического воздействия, а также характеризует функциональное состояние всего организма в целом [3]. Был произведен анализ многомерных данных с применением методов искусственных нейронных сетей в виде алгоритма самоорганизующихся карт Кохонена. Многомерные данные представляют собой численные показания каждого из сенсоров после функциональной нагрузки 31 испытуемого.

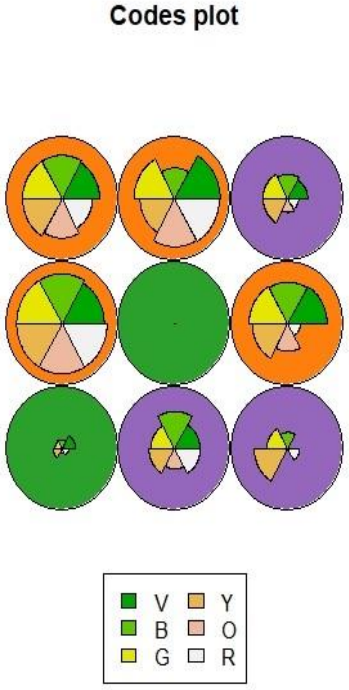


Рис. 1. Кластеризация узлов карты SOM на 3 кластера (количество кластеров было задано до кластеризации), каждый включает в себя оранжевые, зеленые и фиолетовые узлы карты.

Полученные результаты представляют собой группы испытуемых с различными компенсаторно-адаптационными реакциями на нагрузку. Разбиение испытуемых на группы коррелирует с независимыми медико-биологическими иссле-

дованиями, отражающими реальные компенсаторно-адаптационные реакции испытуемых. Таким образом, анализируя результаты исследований, можно говорить об эффективности разработанного метода контроля кислородного обеспечения тканей с целью оценки компенсаторно-восстановительных реакций, функционального состояния и работоспособности человека.

1. Кислякова Л.П., Буляница А.Л., Кисляков Ю.Я., Гуляев В.И. // Научное приборостроение. – 2016.--№26 (2).—С.37-47.
2. Kislyakov Yu.Ya., Avduchenko S.A., Kislyakova L.P. and Zaitceva A.Yu. // Journal of Computation and Theoretical Nanoscience. —2019. —Vol. 16. — P. 4502-4507
3. Зайцева А.Ю., Кисляков Ю.Я., Мазинг М.С., Давыдов В.В. // Научное приборостроение. 2020. Т. 30. № 4, с. 113–118

CHALLENGES AND PROSPECTS OF WHITE BIOTECHNOLOGY. AN OVERVIEW

Essiedu J.A.[1], Kovaleva E.G.[1]

[1)] Institute of Chemical Technology, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
E-mail: asiedujustice@gmail.com

Biotechnology is a large field of science comprising various areas of study such as biochemistry, microbiology, biology, chemistry, chemical engineering, immunology, etc. White Biotechnology, mainly known as Industrial Biotechnology is the key technology.

White biotechnology integrates the use of modern technology and the application of biotechnology for cost-effective processing and manufacturing of chemicals, materials, and bio-energy or fuels. This technology employs the use of enzymes and microorganisms to manufacture products in a broad scope of industrial sectors such as food and feed, polymers, chemicals, pharmaceuticals, paper and pulp, textiles, energy, and detergents. Industrial biotechnology positively influences the environment since biotechnological processes are cost-effective users of renewable raw materials, creating less production cycle waste. In addition, switching from chemical to biological processes can result in a significant decrease in carbon dioxide emissions, energy consumption, and water use. So far, enzymatic and fermentation processes are normally exploited in the fine chemicals industry, to produce flavors, vitamins, pharmaceutical intermediates, etc. Collectively, these economic and environmental benefits will play a pivotal role in a more sustainable society, with greater job creation possibility and a decreased over-reliance on fossil fuels [1].

The key limitation for commercializing biotechnological products such as bacterial plastics has always been their cost since they are about 5–10 times more costly to produce compared to petroleum-based polymers. In addition, advance genetic modifications are still necessary to be incorporated into the plants for their improvement, which

may require unique harvesting and treatment procedures, compared to regular plants [2].

Undoubtedly, white biotechnology will transform into an essential technology model for sustainable growth of exploiting renewable materials. Withal, the effectiveness of the methods for the manufacturing of the various chemicals is necessary to be improved. Withal, several white biotechnology drivers are distinctly associated with the global challenges of energy security, climate change, and the financial crisis, hitherto, there are still several barriers to its growth and best uptake across industry sectors. In this article, we intend to discuss the challenges and prospects of white biotechnology application.

1. Herrera, S. Nat. Biotechnol. 22, 671–675, (2004)
2. Kamm, B. and Kamm, M. Appl. Microbiol. Biotechnol. 64, 137–145, (2004)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПРИГОДНОСТИ ПЛАСТИКА PLA ПОСЛЕ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПУЧКОМ ЭЛЕКТРОНОВ

Гасилова Е.К.[1], Вазиров Р.А.[1], Минин А.С.[1], Ивановских К.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

E-mail: gasilovak@bk.ru

EXPERIMENTAL RESEARCHING MECHANICAL CHARACTERISTICS AND PLA PLASTIC APPLICABILITY AFTER ELECTRON BEAM RADIATION TREATMENT

Gasilova E.K.[1], Vazirov R.A.[1], Minin A.S.[1], Ivanovskikh K.V.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin

In this work, we studied the effect of an electron beam on PLA plastic samples made on a 3D printer was carried out. The samples were irradiated at various doses from 3 to 15 kGy. The results obtained indicate an increase in the hardness and brittleness of PLA plastic compared to the control group.

Изучение изменения свойств радиационно модифицированных изделий, созданных с помощью 3D печати, является актуальной задачей [1]. Радиационная обработка может изменять механические свойства полимерных материалов для достижения оптимальных параметров изделия. Изменения в свойствах связаны с образованием поперечных связок между молекулами во время облучения, однако различные материалы могут вести себя по-разному при одинаковых значениях поглощенной дозы. Определение доза зависимого эффекта позволяет подобрать оптимальную дозу облучения

Данная работа посвящена изучению влияния облучения пучком электронов образцов пластика PLA. Цель работы заключается в определении оптимального уровня облучения для улучшения механических характеристик данного пластика. В исследовании образцы изготавливались по стандарту ГОСТ 11262-2017 на 3D принтере «Creality CR 10-S» с использованием нити из пластика PLA (полилактид). Облучение образцов производилось на линейном ускорителе электронов «УЭЛР-10-10С» последовательно дозой от 3 до 15 кГр. Испытания на растяжение производилось в соответствии с ГОСТ 11262-2017, ГОСТ 14359-69, ГОСТ 34370-2017 на универсальной испытательной машине серии H10KS.

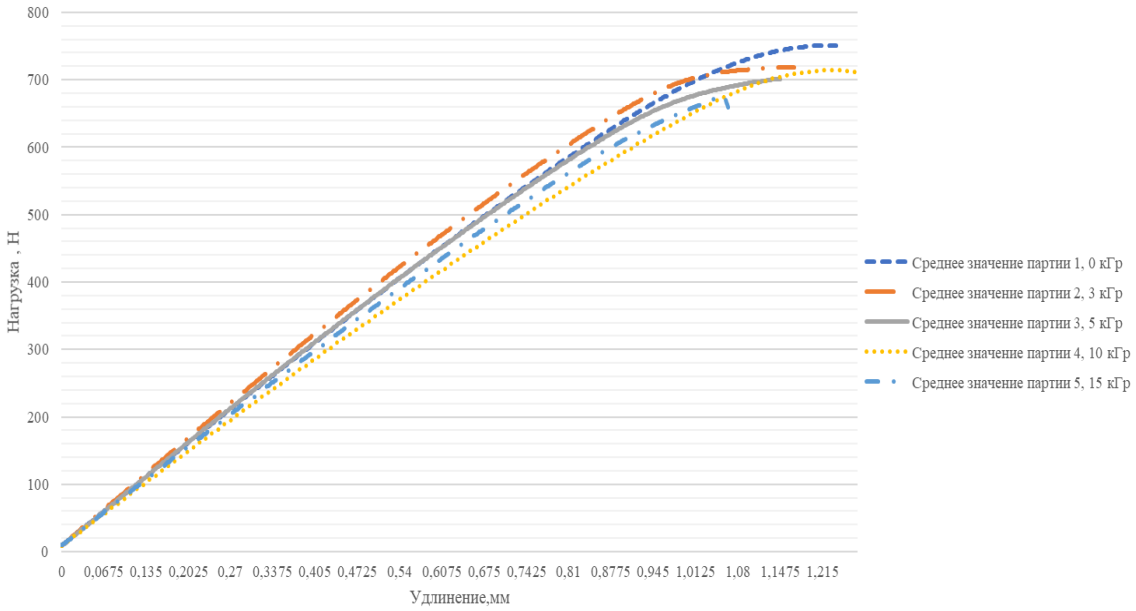


Рис. 1. График зависимости нагрузки-удлинения облученных образцов.

По кривым нагрузки-удлинения (Рис.1) при испытании на растяжение видна тенденция изменения жесткости изделия. Кривые удлинения показывают почти линейный отклик от начала теста до широкого диапазона удлинения.

Результаты облучения образцов с помощью ускорителя электронов показывают, что при увеличении поглощенной дозы от 0 до 15 кГр, среднее значение разрушающего напряжения уменьшилось на 9.318%, удлинение уменьшилось на 2.90%, а максимальная сила нагрузки уменьшилась на 5.07% в сравнении с контрольной группой. Наилучшие результаты показали образцы, облученные дозой в 10 кГр. При превышении дозы в 10 кГр зависимость улучшения свойств материала от количества облучения перестает быть линейной, а изменения механических свойств материала идут на спад.

1. Rankouhi, Behzad & Javadpour, Sina & Delfanian, Fereidoon & McTaggart, Robert & Letcher, Todd. (2018). Experimental Investigation of Mechanical Performance and Printability of Gamma-Irradiated Additively Manufactured ABS. Journal of Materials Engineering and Performance. 27. 10.1007/s11665-018-3463-y.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СЫРА МАРКИ «РОССИЙСКИЙ»

Гейде И.В.[1], Селезнева И.С.[1], Шевнина И.С.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области», г. Екатеринбург, Россия
E-mail: geide_iv@mail.ru

QUALITY CONTROL OF CHEESE BRAND «RUSSIAN»

Geide I.V.[1], Selezneva I.S.[1], Shevnina I.S.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] FBUZ «Center for Hygiene and Epidemiology in the Sverdlovsk Region», Yekaterinburg, Russia

Dairy products are increasingly being counterfeited. Our job was to find low-quality products on the semi-hard cheese market. Analyzes of several cheese samples were carried out, the mass fraction of fat in the dry product, mass fraction of moisture, organoleptic characteristics were determined.

Здоровый образ жизни предполагает качественное питание. Молочные продукты, обладая уникальным составом, обеспечивают организм белками, углеводами, липидами, минеральными веществами, витаминами и другими жизненно важными веществами. Хорошо известно, что молочные продукты богаты кальцием и фосфором, которые укрепляют кости, а белок молочных продуктов хорошо усваивается. Для поддержания нормального функционирования организма рацион взрослого человека должен включать 25% молока и молочных продуктов, детей и подростков – 50%, детей до года - около 100% [1].

В настоящее время актуальна проблема фальсификации молочной продукции. Целью фальсификации является получение незаконной прибыли за счет снижения себестоимости продукции в результате несанкционированной замены качественного биологически ценного сырья менее ценным. Большинство современных методов фальсификации, так или иначе, сводятся к изменениям технологии, использованию дешевого сырья, и последующему доведению физико-химических показателей до требований, установленных нормативной документацией.

В последнее время все чаще в молочную продукцию добавляют растительные масла. Замена молочного жира может оказывать влияние на органолептические свойства продукта, в то время как массовую долю жира производители доводят до заданного показателя. Наиболее часто для фальсификации продуктов из коровьего молока используют добавки дешевых растительных жиров: пальмового, пальмоядрового, кокосового и соевого.

В ходе работы была проведена оценка подлинности молочной продукции [2] и выявлены случаи фальсификации полутвердых сыров, производимых на территории РФ.

Для исследования влияния фальсификации на качество продукта, было исследовано 5 образцов сыра одной и той же марки «Российский», но разных производителей, для которых проведены анализы на массовую долю жира в сухом продукте, массовую долю содержания влаги и определены органолептические показатели [3].

В результате эксперимента было показано, что у двух образцов сыра жировой состав не соответствует жировой фазе молочного продукта, так как в данных образцах наблюдается повышенное содержание высших жирных кислот (стеариновая, пальмитиновая, миристиновая) вместе с пониженным содержанием низших кислот, характерных для молока, (масляной, капроновой, каприловой). У сфальсифицированных по жировой фазе образцов выявлены также отклонения органолептических показателей.

1. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ № 33 «О надзоре за производством и оборотом молока и молочной продукции» (2013)
2. Оценка подлинности и выявление фальсификации молочной продукции: Методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 1-30 (2009)
3. ГОСТ 32260-2013. Сыры полутвердые. Технические условия. М.: Стандартинформ, 1–24 (2013)

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОТЕКТИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ РАДИОМОДИФИКАТОРОВ

Герасимов А.С.[1], Вазиров Р.А.[1], Соковнин С.Ю.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

[2)] Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук

E-mail: andrey45a@gmail.com

THE METHOD FOR MEASURING THE PROTECTIVE EFFECT OF RADIOMODIFIERS

Gerasimov A.S.[1], Vazirov R.A.[1], Sokovnin S.Y.[1, 2]

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

[2)] Institute of Electrophysics of the Ural Branch of the Russian Academy of Science

The dose modifying factors for tissue equivalent solution of ferrosulfate dosimeter with cerium oxide nanoparticles in concentration 0.5 mg/ml irradiated by bremsstrahlung of 9 MeV electron beam were calculated. The addition of nanoparticles led to significant reduction in adsorbed dose.

Лучевая терапия (ЛТ) направлена на лечение онкологических заболеваний при помощи ионизирующего излучения. Основная цель ЛТ– избирательное уничтожение опухолевых клеток при минимизации повреждения окружающих их нормальных тканей. Одним из направлений повышения эффективности ЛТ является использование различных радиомодификаторов, в частности, наночастиц диоксида церия (НЧДЦ) [1]. Эффект добавления НЧДЦ в тканеэквивалентный водный фантом можно оценить при помощи ферросульфатного дозиметра (Фрикке) [2].

Принцип действия дозиметра Фрикке основан на окислении иона Fe^{2+}до иона Fe^{3+} продуктами радиолиза воды, при этом оптическая плотность раствора пропорциональна поглощенной дозе (ПД) [2]. Концентрация ионов трехвалентного железа пропорциональна поглощённой дозе в биологической ткани, так как используется водный раствор Fe_2SO_4 небольшой концентрации (0,01М). Установлено, что наночастицы диоксида церия, полученные методом РЕВЕ обладают способностью ингибировать свободные радикалы [3], что может привести к меньшему образованию ионов Fe^{3+} при облучении за счет уменьшения в растворе концентрации радикалов OH^- и других активных форм кислорода. Следовательно, дозиметр Фрикке может быть использован для оценки протектирующих свойств различных радиомодификаторов, прежде всего НЧДЦ. Важным достоинством такого подхода является то, что детектирующий агент равномерно распределен в объеме с радиомодификатором.

В данной работе представлено определение протектирующих свойств НЧДЦ путем измерения фактора изменения дозы (ФИД) дозиметра Фрикке при их добавлении в концентрации 0,5 мг/мл. Наночастицы с удельной поверхностью 190

м^2/г были изготовлены на установке «НАНОБИМ-2» [4]. НЧДЦ были озвучены на ультразвуковом погружном диспергаторе ФОТЕК и стабилизировались цитратом натрия в соотношении 1:1. Облучение полученной эмульсии производилось тормозным излучением, (конвертер из алюминия) на линейном ускорителе электронов «УЭЛР-10-10С» с энергией электронов 9 МэВ. Дозы облучения составили 50, 100 и 200 Гр. Измерение оптической плотности образцов проводилось на спектрофотометре ПЭ-5300 УФ Экросхим в диапазоне длин волн 200-400 нм (Рис. 1).

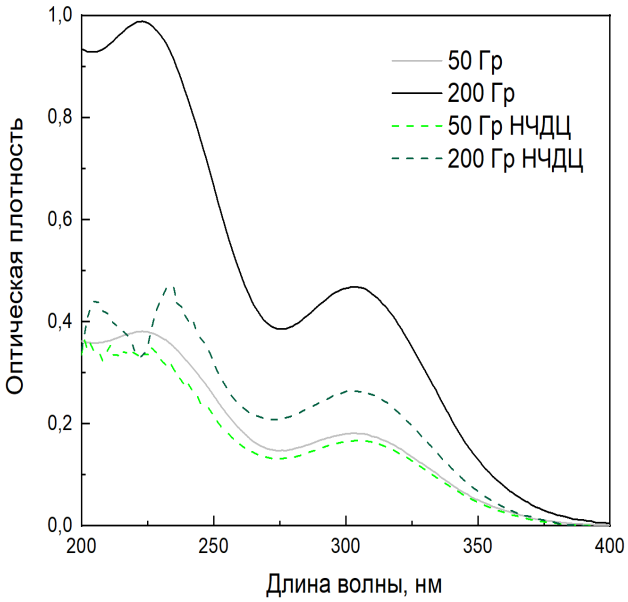


Рис. 1. Спектр оптической плотности ферросульфатного дозиметра при добавлении наночастиц диоксида церия для доз 0-200 Гр.

Из полученный данных видно снижение оптической плотности дозиметра Фрикке при добавлении наночастиц, причем пропорционально ПД. Результаты исследования свидетельствуют о перспективности использования наночастиц диоксида церия в радиотерапевтических методах при лечении злокачественных опухолей, а также о необходимости систематических исследований данного метода на других концентрациях как НЧДЦ, так и других перспективных наноматериалах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Чешского научного фонда в рамках научного проекта № 20-58-26002.

Авторы признательны В.Г. Ильвесу за получение нанопорошков.

1. Wason M. S., Zhao J. Cerium oxide nanoparticles: potential applications for cancer and other diseases //American journal of translational research. 2013. Т. 5. №. 2. С. 126.
2. Fricke H, Morse S. The chemical action of roentgen rays on dilute ferrosulphate solutions as a measure of dose // American Journal of Roentgenology, Radium Therapy, and Nuclear Medicine. 1927. Т. 18. С. 430–432.

3. Vazirov R., Sokovnin S., Ulitko M. Radiomodification of cell cultures of line Hela by cerium oxide nanoparticles to X-ray irradiation //Rad. and Appl.. 2017. Т. 2. С. 139.
4. Sokovnin S. Y., Il'Ves V. G. Production of nanopowders using pulsed electron beam //Ferroelectrics. 2012. Т. 436. №. 1. С. 101-107.

EFFECT OF PURE A-AMYLASE UTILIZATION ON THE B-GLUCAN CONTENT AND THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF OAT-DRINK

Ibrahim M.N.G.[1, 2], Jõudu I.[1], Barakova N.V.[2]

[1)] Estonian University of Life Sciences, Tartu, Estonia.
[2)] ITMO university, Saint-Petersburg, Russia.
E-mail: monica.nabil@student.emu.ee

Annotation. The aim of the current study is to investigate the effect of pure α-amylase on the Beta-glucan content, the production yield, and the rheological properties of oat-drink. The results showed the significant increase in the Beta-glucan (0.40 g/ml) in oat-drink treated with pure α-amylase.

In the last decade, the consumers demand began to express a great shifting from the dairy products to the non-dairy products, especially the plant-based beverages due to rise the prevalence of lactose intolerance, milk allergy, and hypercholesterolemia [1]. Currently, the oat-drink is the most popular plant-based beverages in the market due to its unique nutritional composition and potential therapeutic benefits [2]. The process of oat-based beverage preparation is consisting of multiple stages. The critical stage in its technological process is the α-amylase treatment where the oat grain is converted into liquid contains all the extracted oat nutrients [3]. A US patent, US2015/0351432A1, mentioned the importance of utilizing pure α-amylase enzyme, free β-glucanase, to produce oat-drink rich in intact Beta-glucan [4]. The present study investigates the potential effect of pure α-amylase (free β-glucanase) utilization on the Beta-glucan content, the production yield, and the rheological properties of oat-drink.

The oat-drink processing was carried by two varieties of α-amylase, pure α-amylase (free β-glucanase residues), non-pure α-amylase (contains β-glucanase residues). The oat-drink was prepared by technological process explained by Deswal et al [3], where oat slurry contained 16% roasted oat flour and α-amylase by the dose of 38 U/1g roasted oat flour. The Beta-glucan content was measure in oat-slurry (before enzymatic treatment) and in the filtrated product (after enzymatic treatment) using the enzymatic mixed Beta-glucan kit. The production yield was estimated as the percentage of filtrate obtained [3]. Moreover, the rheological properties including viscosity, density, color intensity, foaming capacity and stability, and separation rate were measured in the filtrated oat-drink the same way as [5].

The results of Beta-glucan showed that the degree of purity of alpha-amylase used for the starch hydrolysis affects onto the beta-glucan content in the extract, which significantly increases the nutritional value of the finished oat drink. Thus, it was proved

when the oat-drink was proceeded by alpha-amylase containing beta-glucanase, its beta-glucan content was 0.06 g / ml, while under the action of beta-glucanase-free alpha-amylase, the beta-glucan content was 0.40 g / ml. In contrast, the production yield was declined from 91.75% to 85.53%, when the beta-glucan increased in the final product. The viscosity of oat-drink increased 5 times with Beta-glucan content increment. Foaming capability of oat drink reached to 74.60% with stability 81.37% within 2 hours at 25℃. The increment of Beta-glucan in oat-drink improved its separation rate from 27.63%/h to 19.24%/h which proves the potential effect of Beta-glucan to enhance the stability of oat-drink products. Thus, the use of pure α-amylase in the production of oat-drinks affects the content of beta-glucans in it, which reflects on the production yield and rheological properties of oat-drinks.

This publication is supported by basic foundation of Chair of Food Science and Technology (P170195VLTQ) and by project 'VALORTECH' received funding from the European Union's Horozon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 810603.

1. S. Sethi, S.K. Tyagi and R.K. Anurag, J Food Sci Technol. 53(9), 3408–3423 (2016).
2. N. Deora and A. Deswal, J Nutr Food Technol. 1(1), 1−4 (2018).
3. A. Deswal, N.S. Deora and H.N. Mishra, Food and Bioprocess Technology. 7(2), 610-618 (2013).
4. A. Triantafyllou, US patent 2015/0351432A1 (2015).
5. S. Jeske, E. Zannini and E. K. Arendt, Plant Foods for Human Nutrition, 72(1), 26–33 (2017).

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ В ВОДЕ С ПОМОЩЬЮ НАНОСТРУКТУР

Какорин И.А.[1], Какорина О.А.[1], Запороцкова И.В.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет

E-mail: olessya.08@mail.ru

DETECTION OF IMPURITIES IN WATER BY USING NANOSTRUCTURES

Kakorin I.A.[1], Kakorina O.A.[1], Zaporotskova I.V.[1]

[1)] Volgograd State University

In this paper, the interaction of impurities occurring in water with carbon nanostructures is considered. More frequent impurities of potassium and sodium nitrate are considered. The calculations were performed in the framework of the molecular cluster mode by MNDO.

В жизни человека, растительного мира, животного и природы в целом вода играет чрезвычайно важную роль. Две трети поверхности планеты занимают моря и океаны. В природе вода пребывает в постоянном круговороте, на качество воды огромное влияние оказывает сельское хозяйство и промышленность. Не для кого не секрет, что для получения богатого урожая используют удобрения, основным компонентом которого является селитра. В следствии этого в подземных водах и водоемах расположенных в непосредственной близости с полями обнаруживается селитра.

Селитра негативно влияет на организм человека, она способствует образованию опасного вещества в крови – метгемоглобина, который приводит к кислородному голоданию. Увеличение метгемоглобина до 60% приводит к летальному исходу. Так же превышение селитры в воде становится причиной отравления, нарушения в работе ЖКТ, выделительной и эндокринной системы, разрушение зубной эмали и появления кариеса. Определить селитру в воде можно путем химического анализа жидкости, а так же с помощью наноматериалов.

К наноматериалам относят структуры протяженностью менее 100 нм (нанометр, 10^{-9} м) в одном из измерений. На этом уровне материалы обладают уникальными, обусловленными размерами, свойствами (химическими, адсорбционными, каталитическими, магнитными, механическими, оптическими), определяющими высокую эффективность их использования в различных областях человеческой деятельности. В настоящее время более используемыми наноматериалами являются углеродные нанотрубки.

Углеродные нанотрубки (УНТ), открытые в 1991 г. [1] - это цилиндрические макромолекулы, представляющие собой гексагональную решетку атомов углерода, закрытые с торцов половиной молекулы фулерена.

Данные структуры обладают достаточно высоко развитой адсорбционной поверхностью, это свойство и помогает выявить присутствие селитры в воде, одновременно и провести ее отчистку.

В работе изучен механизм адсорбции $NaNO_3$ и KNO_3 на поверхности углеродных нанотрубок типа «arm-chair» (6,6) и (8,8). Расчеты проводились в рамках модели молекулярного кластера с использованием полуэмпирической схемы MNDO [2]. Рассмотрены несколько вариантов молекул примеси над поверхностью нанотубулена: 1) молекулы приближаются атомом металла») 2) молекулы приближаются атомами кислорода; 3) молекулы приближаются атомом металла и атомом кислорода. Процесс адсорбции моделировался пошаговым приближением адсорбирующихся молекул к поверхности тубулена. Выполненные расчеты позволили построить профили поверхности потенциальной энергии процессов адсорбции. Анализ энергетических кривых установил, что возможна химическая адсорбция данных молекул на поверхности тубуленов. Следует заметить, что образовавшиеся адсорбционные комплексы «УНТ+селитра» обладают различными элетронно-энергетическими характеристиками по сравнению с чистыми тубуленами. Это проявляется в изменении ширины запрещенной зоны, что как раз и позволяет выявить примеси в воде.

1. Dresselhaus M.S., Dresselhaus G., Avouris P. Carbon nanotubes: synthesis, structure, properties, and application. - Springer-Verlag, 464 (2000).
2. Эварестов Р.А., Квантово-химические методы в теории твердого тела / Р. А. Эварестов. – Л.: ЛГУ, 280 (1982).

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ КАПИЛЛЯРНОЙ ТЕСТ-СИСТЕМЫ НА БУМАЖНОЙ ОСНОВЕ

Хасанова А.Ф.[1], Чувашов Р.Д.[1], Баранова А.А.[1], Хохлов К.О.[1], Вербицкий Е.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: a.hasanova333@gmail.com

A METHOD OF PRODUCTION A MICROFLUIDIC PAPER-BASED TEST SYSTEMS

Khasanova A.F.[1], Chuvashov R.D.[1], Baranova A.A.[1], Khokhlov K.O.[1], Verbitskiy E.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The purpose of the work is to create a paper test system that can detect compounds by changing the fluorescence. The main goals in the design are low cost and high efficiency.

На сегодняшний день микрофлюидные технологии позволяют осуществлять анализ с малыми объемами жидкостей или газов, с пузырьками и каплями, с кристаллическими и полимерными частицами, даже с отдельными биологическими

клетками. Такие приборы предназначены для клинической диагностики и химического анализа, а также решения различных задач фармакологии и биотехнологии. На данный момент самые распространённые тест-системы производятся из стекла, но есть более дешевые аналоги на бумажной основе.

По сравнению с обычными микрофлюидными чипами из стекла, тесты на бумажной основе для микрофлюидного анализа обладают многими уникальными преимуществами, включая дешевизну, простоту изготовления, сильное капиллярное действие и хорошую биологическую совместимость. В последние годы μPAD привлекли повышенный интерес и внимание, что привело к их быстрому развитию.

В ходе данной работы проработаны принципиально разные методики изготовления аналитической капиллярной тест-систем на бумажной основе и при дальнейшем анализе была выбрана лучшая из них.

Полученные результаты могут быть использованы как метод создания недорогих, простых и портативных тест-систем для детектирования взрывчатых, нитроароматических веществ и пестицидов в жидкой фазе, как при помощи колориметрии, так и создание специализированной электронной установки.

1. Yao Y, Ping J. TrAC Trends in Analytical Chemistry,105, 75-88 (2018).
2. Martinez A. Angewandte Chemie International Edition, 46, 1318-1320 (2007).
3. Liu H, Crooks R. Journal of the American Chemical Society, 133, 17564-17566 (2011).
4. Martinez A, Phillips S, Whitesides G. Proceedings of the National Academy of Sciences, 105, 19606-19611 (2008).
5. Martinez A. Lab on a Chip, 10, 2499 (2010).

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ СЕРДЦА

Комаристая М.Э.[1], Хамзин С.Ю.[2], Путрик М.Б.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук
E-mail: mkomaristay@gmail.com

APPLICATION OF NEURAL NETWORKS FOR PROCESSING OF HEART MEDICAL IMAGES

Komaristaia M.E.[1], Khamzin S.Yu.[2], Putrik M.B.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Immunology and Physiology, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg

Deep learning has become the most widely used approach for cardiac image segmentation and identifying predictors of its pathologies in recent years. To solve this problem, a modification of the U-net architecture was used. The segmentation accuracy was about 80%.

За последние десятилетия в сердечно-сосудистых исследованиях были достигнуты значительные успехи, направленные на улучшение диагностики и лечения сердечных заболеваний. В настоящее время широко используются современные методы медицинской визуализации, такие как магнитно-резонансная томография (МРТ), компьютерная томография (КТ) и ультразвук, которые позволяют неинвазивно качественно и количественно оценивать анатомические структуры и функции сердца.

На данный момент особый интерес представляет сегментация изображений сердца и выделение признаков его патологий. Алгоритмы на основе глубокого обучения хорошо справляются с автоматическим обнаружением сложной структуры из медицинских изображений МРТ и КТ. На данный момент можно выделить четыре основные типовые архитектуры нейронных сетей, а именно свёрточную (CNN), полностью свёрточную (FCN), рекуррентную (RNN) и автоэнкодеры.

В данном исследовании мы сфокусировались на сегментации кино-МРТ изображений сердца. В качестве исходных данных были использованы МРТ изображения сердца, предоставленные ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова», а также изображения из открытых источников данных. Для решения задачи была использована модификация архитектуры U-net. Точность сегментации составила около 80%. Результаты сегментации пригодны для решения дальнейших задач связанных с определением признаков патологии сердца.

1. Ronneberger O., Fischer P., Brox T., U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation, International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention, 234-241 (2015).

МАГНИТОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКА ФЕРРОЖИДКОСТИ В КРОВЕНОСНЫХ СОСУДАХ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ: ФОКУС НА МАГНИТНЫЕ СИСТЕМЫ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ

Козлов Н.В.[1], Волчков С.О.[1], Бляхман Ф.А.[1, 2], Тимохина В.Э[1], Честухин В.В.[3], Курляндская Г.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия
[3)] НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Москва, Россия
E-mail: nkzfcm3@gmail.com

MAGNETODYNAMIC STUDY OF THE FERROLIQUID CURRENT IN BLOOD VESSELS OF COMPLEX GEOMETRY: FOCUS ON MAGNETIC DETECTION SYSTEMS

Kozlov N.V.[1], Volchkov S.O.[1], Blyakhman F.A.[1, 2], Timokhina V.E.[1], Chestukhin V.V.[3], Kurlyandskaya G.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia
[3)] Research Institute of Emergency Care named after N.V. Sklifosovsky, Moscow, Russia

The aim of this work is to develop a computer model of the hemodynamic flow in real blood vessels with magnetic nanoparticles, to assess the possibility of using a magnetic sensor based on the effect of giant magnetoimpedance for visualization of the structure of arterial system.

Магнитные наночастицы (МНЧ) находят широкое применение в биомедицинских приложениях для диагностики и лечения различных заболеваний [1-3]. В нашем недавнем экспериментальном исследовании на гидродинамическом стенде была показа возможность детектирования концентрации МНЧ в суспензиях при их течении по сосудам с переменным сечением [4]. Полученные результаты позволяют рассматривать МНЧ в качестве контрастирующего вещества для определения объемной скорости кровотока, например, в коронарных артериях со стенозами при ишемической болезни сердца (ИБС).

Настоящая работа посвящена разработке компьютерной модели течения МНЧ в реальных коронарных артериях при ИБС с целью обоснования возможности использования сенсора на основе эффекта гигантского магнитного импеданса (ГМИ) для оценки гемодинамической значимости стенозов.

Особенности структуры артерии со стенозом были получены по результатам планового обследования пациента на биплановом ангиографе «AXIOM ARTIS» (Siemens, Germany). Для улучшения качества исходных видеоизображений данные были обработаны с использованием алгоритмов распознавания (векторизация) образов на основе Фурье-анализа растрового изображения и алгоритмов

Брезенхема, и Вейвлет-преобразования [5]. Для моделирования магнитогемодинамического процесса была использована вычислительная станция на базе серверной платформы Intel и лицензионное программное обеспечение Comsol Multiphysics. В качестве магнитных характеристик МНЧ использовались экспериментальные данные для ансамбля МНЧ, полученных методом лазерного испарения мишени. Кроме того, принимались во внимание экспериментальные параметры пленочных ГМИ детекторов [3].

Установлено, что при добавлении в кровоток стабилизированной суспензии МНЧ они начинают свободно циркулировать в кровеносной системе, не образуя агрегатов. Это связано с отсутствием собственного магнитного момента суперпарамагнитных МНЧ при отсутствии внешних полей. В присутствии внешнего магнитного поля появляется дополнительный вклад в гемодинамическое уравнение движения потока, которое зависит от внешнего магнитного поля и магнитной восприимчивости суспензии МНЧ. ГМИ элемент, расположенный вблизи от поверхности и снабженный системой сканирования, обладает высокой чувствительностью к изменению локальных полей рассеяния МНЧ. При сравнении набора данных для измерений во внешних полях различной величины (изменения импеданса магниточувствительного элемента) с особенностями геометрии артерий можно сделать оценку локальной скорости кровотока.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 18-19-00090.

1. S.A.M. Khawja Ansari, E. Ficiara, F. A. Ruffinatti, et al. // Materials, V. 12, 3, 465 (2019)
2. F.A. Blyakhman, G.Y. Melnikov, et al. // Nanomaterials, V. 10, 1697 (2020)
3. N.A. Buznikov, A.P. Safronov, et al. // Biosensors and Bioelectronics 117, 366 (2018)
4. F.A. Blyakhman, S.O. Volchkov, et al. // Inorganic Materials: Applied Research, V. 11, 4, 766 (2020)
5. Bresenham, J. E. "Algorithm for computer control of a digital plotter // IBM Systems Journal. 4 (1) 25–30 (1965)

РАДИАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА КАРТОФЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ПУЧКА УСКОРЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ

Краснослободцев А.В.[1], Аль-Маадиди Абдуллах Лайт Салих[1], Селезнева И.С.[1], Баранова А.А.[1], Бажукова И.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

E-mail: i.n.sedunova@urfu.ru

RADIATION PROCESSING OF POTATOES BY ELECTRON BEAM

Krasnoslobodtsev A.V.[1], Al-Maadidi Abdullah Lait Salih[1], Selezneva I.S.[1], Baranova A.A.[1], Bazhukova I.N.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

The study of the radiation processing with 10 MeV accelerated electrons on potatoes was carried out. The paper presents the results of experimental studies to assess the physicochemical parameters of potatoes after irradiation.

В настоящее время подавляющее большинство сельскохозяйственной продукции (в частности, картофель) подвергается послеуборочной обработке. Данный процесс является необходимым для уменьшения потерь урожая при длительном хранении. Так, например, потери картофеля при хранении составляют от 20 до 30 %, а в отдельные годы достигают 50 %, что делает актуальными вопросы увеличения сохранности его семенного и продовольственного фонда [1]. Обеспечение продовольственной стабильности невозможно без освоения в агропромышленной сфере эффективных и экологически безопасных технологий. Конкурентоспособным аналогом химических ингибиторов прорастания является радиационная обработка. Радиационные технологии менее энергозатратны и позволяют заменить или резко снизить использование пищевых консервантов, фумигантов и других химических препаратов. При этом важной задачей является поиск оптимальных доз для облучения клубней картофеля, которые будут результативно подавлять прорастание и не вызовут серьезных химических изменений в пище [2].

Целью данной работы является исследование воздействия электронного пучка с энергией 10 МэВ на клубни картофеля в диапазоне доз 50-150 Гр с целью оценки физико-химических изменений в структуре клубней.

В качестве объекта исследования были выбраны клубни картофеля массой 100-120 г сорта «Рэд Скарлетт» урожая 2020 г. Облучение образцов проводили в ИВЦ Радиационной стерилизации (УрФУ) с использованием линейного ускорителя электронов УЭЛР-10-10С (Е=10 МэВ, I до 1 мА) с помощью тормозного рентгеновского излучения. Дозу облучения варьировали путем изменения времени облучения. После облучения проводили оценку плотности клубней карто-

феля пенетрационным методом, содержание редуцирующих сахаров спектрофотометрическим методом, исследование гранул крахмала с помощью микроскопического анализа.

Результаты исследования показали, что при дозах облучения 100 и 150 Гр наблюдается наиболее эффективное ингибирование прорастания, однако при дозе 150 Гр возможно изменение окраски клубней картофеля. Показано, что наибольшее содержание редуцирующих сахаров наблюдается для образцов, облученных дозой 100 Гр. Микроскопический анализ гранул крахмала показал, что после облучения клубней картофеля на крахмальных зернах образуются трещины.

Авторы выражают благодарность сотрудникам ИВЦ Радиационной стерилизации УрФУ за помощь в проведении исследований.

1. Мальцев С. В., Пшеченков К. А., Зейрук В. Н. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы, 285-289 (2018).
2. Алимов А. С. и др. Известия Российской академии наук. Серия физическая, 81(6), 819-823 (2017).

СОЗДАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ШТАТИВА ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИОННОГО МИКРОСКОПА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОТОХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ

Крайнова А.А.[1], Карякина О.Е.[1], Оруджова О.Н.[1], Карякин А.А.[2]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
[2)] Северный государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации

E-mail: olga.orudzhova@yandex.ru

THE CREATION OF THE DESIGN OF THE TRIPOD FOR POSITIONING A SURGICAL MICROSCOPE WHILE PERFORMING ATHEROGENIC INTERVENTIONS

Krainova A.A.[1], Karyakina O.E.[1], Orudzhova O.N.[1], Karyakin A.A.[2]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
[2)] North State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation

An important parameter when using surgical microscopes in otosurgery is its installation using the specific technical solution. The design of the tripod structure for mounting and positioning the surgical microscope when performing surgical interventions on an auditory analyzer was carried out.

Современные технологии визуализации в отохирургии с использованием операционных микроскопов позволяют с высокой степенью детализации и точности увеличивать рабочее поле до необходимых размеров. При отохирургических вмешательствах определяющим фактором является позиционирование операционных микроскопов, поскольку это непосредственно влияет на работу врача, а также на удобство расположения пациента во время проведения хирургического вмешательства на слуховом анализаторе.

Анализ сведений о конструкции штативов операционных микроскопов показал, что существующие варианты характеризуются значительными массогабаритными характеристиками [1,2]. Учитывая вышеизложенное, модернизация конструкции штатива для позиционирования операционного микроскопа является актуальной.

На первом этапе проектирования были определены форма и габаритные размеры для разрабатываемой конструкции, материал штатива - нержавеющая сталь. Произведенные на втором этапе расчеты на нормальное механическое сопротивление в трех точках, соответствующих различным положениям микроскопа, и скручивающий момент подтвердили, что конструкция штатива обладает необходимыми прочностными характеристиками. Технология изготовления штатива состояла из двух этапов: изготовления непосредственно конструкции штатива и изготовления механизма перемещения для операционного микроскопа. Опытный образец конструкции штатива был выполнен методом плазменной резки по металлу. Крепление штатива к операционному столу осуществляется при помощи рельсы и двух стандартных креплений-зажимов, которые имеются на боковой стороне операционного стола.

Разработанный штатив для позиционирования операционного микроскопа при выполнении отохирургических вмешательств имеет следующие преимущества: возможность уменьшения эксплуатируемой площади; оптимальные массогабаритные характеристики; смещение консоли непосредственно к месту доступа оперируемого поля; возможность обработки антисептическими средствами; мобильность конструкции; универсальность применения на практике.

1. Пат. 2670734 Российская Федерация, МПК G02B 21/24. Регулируемый штатив для оптического прибора для наблюдения [Текст] / Й. Матиас, Л. Йоахим. – № WO/2015/043763; заявл. 29.09.2014; опубл. 02.04.2015, бюл. 043763.
2. Пат. 02331383 Российская Федерация, МПК A61B 19/00. Устройство «Марика» для управления операционным микроскопом [Текст] / Д. И. Пицхелаури, А.Н. Коновалов, Г.А. Щекутьев. – №2007108463/14; заявл. 07.03.2007; опубл. 20.08.2008, бюл. № 586423.

EVALUATION OF LONG-TERM COMPLICATIONS FOR A PATIENT WITH HEAD AND NECK CANCER

Kurzyukova A.[1], Odlozilikova A.[2]

[1)] Technische Universität Dresden, Dresden, Germany
[2)] Masaryk Memorial Cancer Institute, Faculty of Medicine Masaryk University, Brno, Czech Republic

E-mail: odlozilikova@mou.cz

In this work, radiation treatment planning was combined with radiobiological modeling with the aid of BioGray software. This approach enables prediction of long-term complications which was the basis for the optimal irradiation plan selection for a patient with head and neck cancer.

Radiation therapy is one of the most common treatments for head and neck cancer patients [1]. Even though it allows to effectively kill malignant cells, irradiation can also damage healthy tissues in the immediate vicinity of the tumor [2]. This often results in long-term complications decreasing quality of life and patient survival [3]. Unfortunately, conventional radiotherapy treatment planning does not provide with information about possible outcomes but rather calculate doses and its distribution in different organs. In our study we aimed to demonstrate the need of radiobiological modeling prior to patient irradiation which enables prediction of side effects in organs at risk as well as of the efficacy of cancer treatment. Both dosimetry plans of VMAT radiotherapy (volumetric modulated arc therapy) and tomotherapy (one of the radiotherapy modalities) were imported into BioGray modeling software. At the doses less than 5 Gy per fraction, the program employs a Linear Quadratic model to calculate a biological effective dose which is further used to estimate the probability of lethal cell damage by irradiation [4]. The results have shown lowered occurrence of long-term complications in esophagus, parotid, and hypophysis for tomotherapy. However, higher treatment effect in the tumor will be likely achieved by VMAT radiotherapy (TrueBeam Linear Accelerator). This information could be a basis for optimal plan selection for the patient with head and neck cancer and, therefore, the approach should be introduced into clinical practice.

1. H. Gelband, P. Jha, R. Sankaranarayanan et al., Washington (DC): The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. Chapter 14 (2015)
2. R. Baskar, J. Dai, N. Wenlong, R. Yeo, K.W. Yeoh, Front Mol Biosci. 1(24), 1–9 (2014)
3. A.M. Chen, M.E. Daly, D.G. Farwell, E. Vazquez, J. Courquin, D.H. Lau, J.A. Purdy, JAMA Otolaryngol Head Neck Surg. 140(2), 129–33 (2014)
4. P. Matula and J. Koncik, LAP LAMBERT Academic Publishing (2018)

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ТУЧНЫХ КЛЕТОК ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ

Лейберова А.К.[1], Храмцова Ю.С.[1, 2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук (ИИФ УрО РАН) г. Екатеринбург, Россия
E-mail: aleyberova@gmail.com

A MODIFIED MAST CELL CULTURE METHOD TO CREATE AN EXPERIMENTAL MODEL

Leiberova A.K.[1], Khramtsova Y.S.[1, 2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IIF UB RAS), Yekaterinburg, Russia

Methods of obtaining a mast cell line from the mouse peritoneal fluid and cultivation it in specialized conditions for creating an experimental model are presented.

В настоящее время культивируемые клетки млекопитающих становятся важными инструментами в медико-биологических исследованиях, а исследования in vitro являются альтернативой исследованиям на животных. Преимущество здесь не ограничивается только биоэтическими аспектами. Клетки в культуре могут быть доступны для различных биохимических манипуляций, есть возможность прижизненного наблюдения за клетками – разные варианты микроскопии. Культуру животных клеток применяют для изучения роста и дифференцировки клеток, межклеточных взаимодействий и обмена веществ.

Тучные клетки интересны своей уникальностью [1] и высокоспециализированностью, а также большим количеством выполняемых ими функций [2]. Для исследования их свойств in vitro необходимо получить в лабораторных условиях чистую культуру данных клеток.

Целью данной работы является разработка методики культивирования перитонеальных тучных клеток для создания экспериментальной модели.

Эксперимент был проведен на мышах линии СВА. Перитонеальная жидкость мыши содержит в своем составе популяцию тучных клеток, подходящих для выращивания [3] в асептических условиях в среде РМС с добавление факторов роста и интерлейкина – 3 при температуре 37°С и 5% содержании CO_2. Выделение перитонеальных тучных клеток, подходящих для культивирования, осуществлялось внутрибрюшинным лаважем с предварительной стимуляцией прозерином [4].

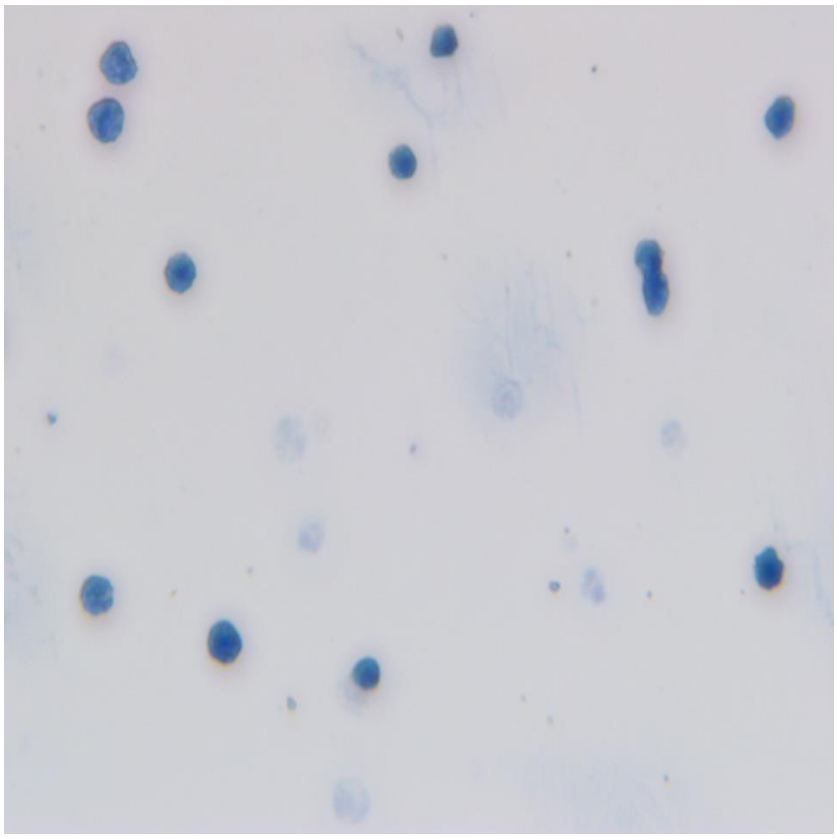


Рис. 1. Популяция тучных клеток, окрашенная толуидиновым синим для проведения морфологического описания с применением световой микроскопии (общее увеличение 400).

Для подсчета числа клеток, их морфологического описания, морфометрических измерений применялись следующие методы: подсчет клеток в камере Горяева, световая микроскопия окрашенных толуидиновым синим мазков внутрибрюшинной жидкости. В результате получили популяцию перитонеальных тучных клеток , которую поддерживали, используя разные условия и сроки культивирования.

1. L. Amiot, N. Vua, B. Drenouc, M. Scrofani, A. Chalina, C. Devismea, M. Samsona. Cytokine. 117, 50-58 (2019).
2. В.Н. Цибулькина, Н.А. Цибулькин. Аллергология и иммунология в педиатрии. 2, 4-11 (2017).
3. V. Tsilovskyy, A. Solis-Lopez, K. Ohlenschlager, M. Freichel. Journal of Visualized Experiments. 137, 1-20 (2018).
4. Пат. RU2234092C1// Е.С. Нишева – 2004, МПК G01N33148

MODERN WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGIES

Lwamba Ch.B.[1], Ivantsova M.N.[1]

[1)] Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
E-mail: borhomelwamba@gmail.com

A short description of modern wastewater treatment using biotechnological processes is presented. Biotechnology find application fields in the treatment of wastewaters by biological methods and disposal of solid wastes by composting technique in environmental engineering.

Biotechnological treatment is one of the most extensively used removal process for both partial and complete stabilization of biologically degradable matters in wastewater [1].

Water being the source of all life, “On a daily basis a person consumes 165 liters of water” [2]. For the environment, otherwise water remains the object par excellence. After their use, this water is said to be waste. It is essential to develop technologies capable of treating wastewater to allow its reuse without damaging the ecosystem.

This review paper is intended to give a brief description of modern wastewater treatment technologies using biotechnological processes and to assess their effectiveness.

Indeed, microorganisms are used to degrade organic matter through oxidation that generate electrons which are used to produce electrical current. The membrane biofilm reactor and microbial fuel cells offer excellent examples of exciting new technologies that come directly from this kind of partnering [3]. Bio filters, activated sludge model, vacuum rotation membrane, Bio-adsorption are another specific methods using biotechnologies which treat wastewater. It’s very important to treat wastewater for its reuse by reducing environmental pollution.

Biotechnological technologies which get involved in water treatment must be secured by the installation of continuous analyzers which ensure that the desired water quality is respected at all times.

1. Hanife Buyukgungor, L.G. (2009). The role of biotechnology on the treatment of wastes. African Journal of biotechnology, 7253-7262.
2. Alsace-Moselle, s. (2017). Pourquoi traiter les eaux usées ? https://www.sdea.fr/index.php/fr/l-eau/les-eaux-usees/pourquoi-traiter-les-eaux-usees
3. Bruce E. Rittmann, M. (2010). Environmental Biotechnology in Water and Wastewater Treatment. journal of environmental engineering ASCE, 348-353.

О ВОЗМОЖНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ФЕНОТИПОВ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Марков Н.С.[1], Ушенин К.С.[1, 2], Божко Я.Г.[1], Соловьёва О.Э.[2]

[1)] Центральная Научно-Исследовательская Лаборатория Уральского Государственного Медицинского Университета
[2)] Институт Иммунологии и Физиологии УрО РАН
E-mail: shatzkarts@gmail.com

ON THE POTENTIAL OF ATRIAL FIBRILLATION PHENOTYPE EXTRACTION BASED ON ELECTROCARDIOGRAPHY DATA

Markov N.S.[1], Ushenin K.S.[1, 2], Bozhko J.G.[1], Solovyova O.E.[2]

[1)] Central Research Laboratory of Ural State Medical University
[2)] Institute of Immunology and Physiology UB RAS

In this work we use long-term ECG data from arrhytmiac patients with an aim to conduct atrial fibrilation phenotyping. Analysis of HRV indices and ECG signal forms allowed us to extract pathological traits and classify patients in groups.

Фибрилляция предсердий является одной из наиболее широко распространенных аритмий, поражающих человеческую популяцию, причем наибольшую предрасположенность к данной болезни показывают люди старшего и пожилого возраста. Существенную роль в диагностике фибрилляции предсердий играет анализ данных электрокардиографических сигналов пораженных болезнью пациентов. В нашей работе мы ставим целью провести фенотипирование данной сердечной патологии на основании индексов вариабельности ритма [1] и форм сигнала длительной стандартной 12-канальной электрокардиограммы. Дата-анализ проводился на открытых данных баз суточного мониторирования электрокардиографических сигналов PhysioNet. Выделение признаков заболевания позволило определить группы пациентов, чьи суточные электрокардиограммы имеют общие патологические свойства, связанные с характерными отклонениями формы волны и нарушениями сердечного ритма. Полученные результаты дают возможность предположить наличие нескольких фенотипов фибрилляции предсердий.

Работа выполнена на основе госзадания № 730000Ф.99.1.БВ10АА00006 «Разработка комплексного подхода к персонализированной диагностике, терапии и профилактике наджелудочковых нарушений сердечного ритма вегетативного генеза».

1. Shaffer F., Ginsberg J. P. Frontiers in public health, 5, 258, (2017).

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕМТОСЕКУНДНОЙ ЛАЗЕРНОЙ НАНОХИРУРГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИБРИДОВ РАСТЕНИЙ

Мартиросян Д.Ю.[1], Залесский А.Д.[1], Мартиросян Л.Ю.[2], Осыченко А.А.[1], Точило У.А.[1], Надточенко В.А.[1]

[1)] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук
[2)] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук

E-mail: petrosyan359@gmail.com

STUDY OF THE POSSIBILITIES OF USING FEMTOSECOND LASER NANO SURGERY TO OBTAIN PLANT HYBRIDS

Martirosyan D.Yu.[1], Zalessky A.D.[1], Martirosyan L.Yu.[2], Osychenko A.A.[1], Tochilo U.A.[1], Nadtochenko V.A.[1]

[1)] N.N. Semenov Federal Research Center for Chemical Physics, Russian Academy of Sciences
[2)] Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Biochemical Physics named after N.M. Emanuel of the Russian Academy of Sciences

Femtosecond laser nanosurgery can be a very convenient selection tool. The method of laser nanosurgery allows working with individual organelles without damaging or killing a cell. Studying the interaction of a laser pulse with a biological material will greatly simplify the selection.

Фемтосекундная лазерная нанохирургия может служить очень удобным инструментом селекции. Метод лазерной нанохирургии позволяет работать с отдельными органеллами, не повреждая и не убивая клетку [1-3]. Данная работа посвящена изучению возможностей применения технологий фемтосекундной нанохирургии для получения новых гибридов растений из протопластов кок-сагыза (Taraxacum kok-saghyz). В биологическом материале создаются интенсивности излучения, достаточные для образования многофотонной ионизации в субфемтолитровом объёме [4] при фокусировке лазерных импульсах объективами с числовой апертурой NA>0.8. В следствие этого эффект ударной и многофотонной ионизации создаёт большие плотности свободных электронов, которые, приводят к абляции биологических тканей с надрезами порядка сотен нанометров [5]. Для необходимой эффективности пиковая плотность потока мощности фемтосекундного лазерного излучения должна составлять 10^{12} Вт/см^2, обеспечивая эффект многофотонного поглощения. Протопласты кок-сагыза содержат большое количество хлоропластов – органелл, содержащих хлорофилл и выполняющих функцию фотосинтеза. Taraxacum kok-saghyz, являясь типичным представителем высших растений, содержит хлорофилл a и хлорофилл b. Максимумы спектров поглощения хлорофилла a соответствуют 430 нм и 662 нм, хлорофилла b -

453 нм и 642 нм. Присутствие в клетке молекул хлорофилла, который является хромофором, не повлияло на величину порога образования парогазового пузыря. В клетках кок-сагыза порог образования парогазового пузыря, который является индикатором протекания локальных термических эффектов, достигался при значении энергии в импульсе 1 нДж. Таким образом, наличие хлорофилла в клетках растений не оказывает существенного воздействия на процесс поглощения лазерного излучения с длиной волны 800. Процесс возникновения и схлопывания парогазового пузыря в протопластах кок-сагыза показан на Рис. 1.

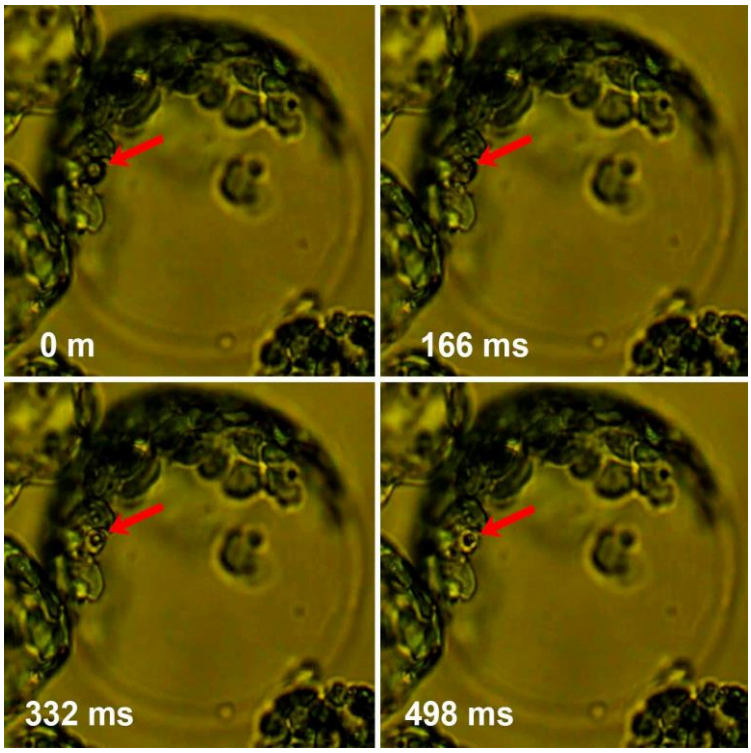


Рис. 1. Парогазовый пузырь в протопласте кок-сагыза. Стрелка указывает на расположение парогазового пузыря. Представлены четыре последовательных кадра, задержка между кадрами – 166 мс.

Таким образом, для осуществления различных микрохирургических воздействий при помощи фемтосекундных лазерных импульсов необходимо обеспечить пороговую плотность мощности для эффективного осуществления процессов многофотонной ионизации с последующим образованием плазмы низкой плотности и локальным разогревом. В некоторых случаях такое развитие процесса облучения желательно и приводит к деструкции биоматериала в заданной области. Такой подход используется при лазерном слиянии клеток, когда облучение общего участка мембран клеток производится до образования паро-газового пузыря.

Дальнейшее развитие данного метода увеличит вероятность слияния клеток (то есть, позволит получать новые гибриды растений) и их выживаемость после воздействия, сократит время работы и существенно стоимость проведения подобных операций. Таким образом, позволит получать новые гибриды растений.

А самое главное – не требует специальных навыков и знаний для работы с установкой.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований 19-53-52007, а также при поддержке Государственного задания ФИЦ ХФ РАН АААА-А19-119012990175-9 с использованием оборудования ЦКП ФИЦ ХФ им. Н. Н. Семенова (№506694).

1. Shimada T., Watanabe W., Matsunaga S., Higashi T., Ishii H., Fukui K., Isobe K.,Itoh K., Intracellular disruption of mitochondria in a living HeLa cell with a 76-MHz femtosecond laser oscillator. Optics Express, 2005. 13(24): p. 9869-9880.
2. Wakida N.M., Lee C.S., Botvinick E.T., Shi L.Z., Dvornikov A.,Berns M.W., Laser nanosurgery of single microtubules reveals location-dependent depolymerization rates. Journal of Biomedical Optics, 2007. 12(2).
3. Uchugonova A., Lessel M., Nietzsche S., Zeitz C., Jacobs K., Lemke C.,Koenig K., Nanosurgery of cells and chromosomes using near-infrared twelve-femtosecond laser pulses. Journal of Biomedical Optics, 2012. 17(10).
4. А.А. Осыченко, У.А. Точило, А.А. Астафьев, А.Д. Залесский, А.М. Шахов, А.С. Кривохарченко, Надточенко В.А., Определение диапазона неинвазивного воздействия фемтосекундными лазерными импульсами ближнего инфракрасного спектра для нанохирургии ооцитов млекопитающих. Современные технологии в медицине, 2017. 9(1): p. 21-27.
5. K. Kuetemeyer, R. Rezgui, H. Lubatschowski,Heisterkamp A., Mechanisms of femtosecond laser cell surgery in the low-density plasma regime, in Optical Interactions with Tissue and Cells Xxii, E.D. Jansen and R.J. Thomas, Editors. 2011.

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦЕРИЯ В МАЛЬТОДЕКСТРИНОВОЙ ОБОЛОЧКЕ

Маслова С.А.[1], Бажукова И.Н.[1], Мышкина А.В.[1], Бакшеев Е.О.[1], Машковцев М.А.[1], Офицерова Н.Ю.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

E-mail: serafimamaslova@mail.ru

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF CERIUM OXIDE NANOPARTICLES IN THE MALTODEXTRIN SHELL

Maslova S.A.[1], Bazhukova I.N.[1], Myshkina A.V.[1], Baksheev E.O.[1], Mashkovcev M.A.[1], Ofitserova N.Yu.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first president of Russia B.N. Eltsin, Yekaterinburg, Russia

The study on antioxidant activity of the maltodextrin-coated cerium oxide nanoparticles was carried out. CeO[под]2 nanoparticles exhibit properties that mimic natural antioxidant enzymes (catalase and peroxidase) and are capable of neutralizing hydroxyl radicals.

Многочисленные прикладные исследования биологической активности наночастиц CeO_2 показывают, что это соединение проявляет уникальные окислительно-восстановительные свойства и, как следствие, многообещающие медико-биологические применения. В биомедицинских исследованиях наночастицы CeO_2 используются главным образом для нейтрализации избыточных активных форм кислорода и азота, имитируя таким образом природные антиоксидантные ферменты, таких как супероксиддисмутаза и каталаза. Кроме того, наночастицы CeO_2 способны нейтрализовать гидроксильные и нитрозил-радикалы [1]. Таким образом, наночастицы CeO_2 представляют интерес для защиты организма от травм и старения, болезни Альцгеймера, сердечно-сосудистых заболеваний, диабета, хронических воспалений и рака.

Антиоксидантная активность наночастиц CeO_2 имеет важное значение, так как многие хронические заболевания могут быть связаны с окислительным стрессом. Потенциальное терапевтическое использование наночастиц CeO_2 имеет преимущества по сравнению с другими антиоксидантными подходами в лечении. Так, например, наночастицы, транспортирующие антиоксиданты, способны нейтрализовать только один вид радикалов. Напротив, наночастицы CeO_2 проявляют мультиферментативную активность, поглощая такие радикалы, как супероксид-ион, пероксид водорода, гидроксильный радикал, нитрозил-радикал и пероксинитрит [2].

Целью данной работы является исследование антиоксидантной активности наночастиц оксида церия, стабилизированных мальтодекстрином. Наночастицы

CeO_2 были получены химическим методом осаждения [3]. Исследование антиоксидантной активности наночастиц CeO_2 проводили методом оптической спектроскопии.

Результаты исследования показали, что наночастицы CeO_2 способны выполнять функции ферментов каталазы и пероксидазы и нейтрализовать пероксид водорода. Кроме того, было продемонстрировано, что наночастицы CeO_2 способны инактивировать гидроксильные радикалы аналогично молекулярным антиоксидантам (аскорбиновая кислота, токоферол, метионин и т.д.). Таким образом, проведенные исследования показали принципиальную возможность использования наночастиц оксида в медицине, например, в качестве потенциальных антиоксидантов для защиты клеток от активных форм кислорода.

1. Nelson B.C., Johnson M.E., Walker M.L., Riley K.R., Sims C.M., Antioxidants, 5, 15, (2016)
2. Dhall A., Self W., Antioxidants, 7, 97, (2018)
3. Baksheev E.O., Pronina M.O., Mashkovtsev M.A., Myshkina A.V., Bazhukova I.N., Kasianova V.V., AIP Conference Proceedings, 2174, 020156, (2019)

РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ДОЗ ГАММА ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ БРАХИТЕРАПИИ ОРГАНОВ ГОЛОВЫ И ШЕИ ИСТОЧНИКОМ ^{252}Cf

Меджидов И.М.[1], Денисова Э.Н.[1], Кураченко Ю.А.[1]

[1)] ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», Россия, г. Обнинск

E-mail: immedzhidov@mail.ru

CALCULATION AND ANALYSIS OF GAMMA RAY DOSES IN BRACHYTHERAPY OF A HEAD AND NECK ORGANS WITH A ^{252}Cf SOURCE

Medzhidov I.M.[1], Denisova E.N.[1], Kurachenko Yu.A.[1]

[1)] Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russia

Dosimetric calculations of a main parameters of interstitial brachytherapy of the head and neck or-gans with the 252Cf source were performed. 10 cases of low-power brachytherapy were analyzed. A concept of precision modeling of the interstitial brachytherapy scenario is formulated.

Лечение злокачественных новообразований органов головы и шеи является актуальной проблемой во всем мире. Метод внутритканевой терапии при помощи штырьковых источников ^{252}Cf позволяет уничтожить злокачественные клетки в области головы и шеи.

Штырьковый источник ^{252}Cf состоит из 3-х основных частей: 1 – головка источника, 2 – оболочка источника, 3 – активный сердечник. Головка и оболочка источника изготовлены из нержавеющей стали Х18Н10Т. Активный сердечник представляет собой платиновую проволоку, покрытую оксидом калифорния. Диаметр активной части составляет 0,4 – 0,5 мм, а его длина – 20 мм. Общая длина источника – 25 мм.

Деление и распад нуклида сопровождается испусканием нейтронов (3,1 %), α-частиц (96,9 %), β-частиц, рентгеновского и γ-излучений [1]. Период полураспада равен 2,646 года. При проведении внутритканевой терапии основной вклад в дозу приходится от нейтронного и γ излучений. α-частицы, как правило, захватываются стенками оболочки источника и при клинической дозиметрии не учитываются. Значение средней энергии нейтронов находится в интервале 2,10 – 2,37 МэВ. Средняя энергия γ-излучения составляет 1 МэВ [1].

Методика внутритканевой терапии органов головы и шеи выполняется при помощи Парижской системы [2]. Согласно этой системе, радиоактивные препараты распределяются в одной плоскости, либо в двух параллельных плоскостях. Источники должны находиться в тканях параллельно друг другу и на равных расстояниях. Использовались следующие схемы размещения штырьковых источников: треугольник, квадрат, 2 квадрат и эллипс. При строгом соблюдении правил системы гарантируется подведении однородной средней дозы во всем объеме мишени.

В Медицинском Радиологическом Научном Центре им. А.Ф. Цыба в период с января 2018 года по май 2018 методом внутритканевой терапии было пролечено 10 пациентов. Для 6-ти пациентов была выбрана схема эллипс, для остальных 4-х – 2 квадрат. Доза, выбранная врачом по нейтронной компоненте, варьировалась от 8 до 9 Гр. Как было сказано выше, основной вклад приходится именно по нейтронной и гамма составляющей, но при планировании и определении терапевтической дозы берется в расчет только нейтронная составляющая.

В данной работе были рассчитаны основные параметры γ компоненты, а именно: мощность дозы в опорной точке и суммарная доза, пришедшая на опухоль по γ составляющей. При терапевтической дозе 8 Гр по нейтронной компоненте, приходится около 4-5 Гр по γ составляющей, что является довольно немалым.

Для дальнейшей оценки γ-излучения была поставлена задача моделирования сценария внутритканевой терапии при помощи транспортного кода – MCNP [3]. В качестве объекта прецизионного облучения был выбран антропоморфный фантом – «MIRD Humans» [4] (Рис. 1). В ходе исследования планируется оценить вклад нейтронного и гамма излучений в область опухоли и получить значения поглощенной, эквивалентной и эффективной дозы. Также, оценить дозу на критические органы и ткани.

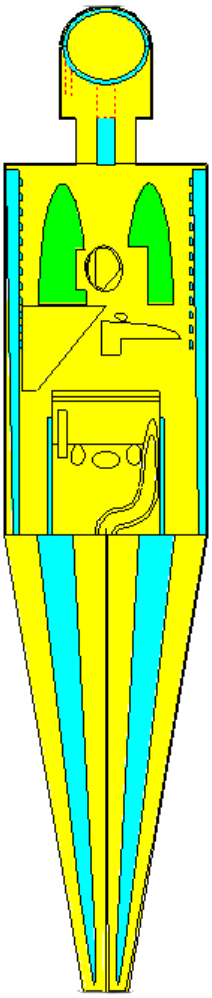


Рис. 1. Антропоморфный фантом «MIRD Humans».

1. Б. М. Втюрин, В. Н. Иванов, А. Г. Коноплянников. // Эффекты нейтронного и гамма-излучений источников на основе 252Cf: Энергоатомиздат, 1986. С. 128.
2. Б. М. Втюрин, В. Н. Иванов, Л. Ф. Иванова, С. А. Абдулкадыров. // Методика внутритка-невой лучевой терапии опухолей радиоактивными препаратами 60Co и 252Cf способом по-следовательного ручного введения интрастатов и источников излучения: Методические рекомендации, 1982. С. 31.
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. 334.
4. Tim Goorley // MCNP Medical Physics Database, LA-UR-07-2777, California, Los Alamos National Laboratory. 2007. P. 14.

РАЗРАБОТКА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ДЕФИБРИЛЛЯТОРА

Молина Баррига Г.Э.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия.

E-mail: gabibarra2020@gmail.com

DESIGN AND ECONOMIC OPTIMIZATION OF THE DEVICE FOR FOR MONITORING THE DEFIBRILLATOR OUTPUT SIGNAL

Molina Barriga G.E.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 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 соответствии с пунктом 5 Положения о лицензировании деятельности по производству и техническому обслуживанию (за исключением случая, если техническое обслуживание осуществляется для обеспечения собственных нужд юридического лица или индивидуального предпринимателя) медицинской техники, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 15 сентября 2020 г. № 1445 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2020, № 39, ст.6037) с 1 января 2021 года вводится обязательный перечень контрольно-измерительного оборудования необходимого для проведения работ по техническому обслуживанию, диагностике и контролю технического состояния медицинских изделий. Для проведения сервисных работ с сердечно-сосудистыми медицинскими изделиями становится обязательным наличие измерителя энергии высоковольтного импульса или оборудования с аналогичным функционалом.

Таким образом, для организаций по сервису медицинского оборудования, является актуальным вопрос о программно-аппаратном комплексе для контроля выходных характеристик кардиодефибрилляторов. На рынке концептуально представлены два различных подхода к реализации приборов для решения данных задач. С одной стороны широко представлены специализированные устройства, анализирующие выходной сигнал кардиодефибрилляторов с высокой точностью и анализом формы сигнала. Данные устройства используются для калибровки параметров на заводе-изготовителе и при проведении ремонтных работ. Основным недостатком этих приборов является их высокая цена (порядка 5 тыс. евро), все существующие на рынке модели – импортные с избыточным в практике по техническому обслуживанию набором функций. С другой стороны, есть

отечественный производитель, предлагающий измеритель энергии высоковольтного импульса без избыточного набора функций, однако данный производитель в данной категории средств измерений является монополистом, стоимость данного оборудования 150 – 200 тысяч рублей.

В ходе данной работы был разработан измеритель выходного сигнала дефибриллятора с биполярным трапецеидальным сигналом в качестве аналога зарубежных анализаторов, и альтернативе отечественному производителю 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.

Произведен расчёт себестоимости производства оборудования. Итоговое устройство имеет значительно более низкую стоимость относительно существующих аналогов импортного и отечественного производства. Следующим этапом развития данного устройства является его метрологическая сертификация по требованиям, предъявляемым измерительным устройствам в области здравоохранения.

1. Черемных В.А., Юзефович А.В. Электроимпульсная терапия жизнеопасных тахиаритмий. Что нужно знать при использовании дефибриллятора "ДФР-2-УОМЗ"

ASSESSMENT AND EVALUATION HEALTH RISKS OF HEAVY METALS IN INDOOR AND OUTDOOR AIR WITH X-RAY FLUORESCENCE (WDX)

Mostafa Y.A. Mostafa[1, 2], Khalaf Hyam[1, 2], Mona Moustafa[1], Hanfi Mohamed[2, 3], Amer Mohamed[1]

[1)] Physics Department, Faculty of Science, Minia University, 61519 Minia, Egypt
[2)] Ural Federal University, Mira St.19, 620002 Yekaterinburg, Russia.
[3)] Nuclear Materials Authority, 520, Maadi, Cairo, Egypt

E-mail: mostafa_85@mail.ru

The present study aimed to investigate the potentially toxic metal (Zn, Cu, Cr, Ni, Fe, and Mn) Health hazard. Air dust samples were collected from outdoor and, indoor air at El-Minia city, Egypt. Heavy metal contents were performed using X-ray fluorescence (WDX).

There are many growing concerns about environmental pollution and public health issues associated with surrounding heavy metals [1,2]. Heavy metals are constantly emitted into the environment (indoor and outdoor) and pose a major threat to human health, the threat is linked to the presence of Cr, Cu, Ni, Pb, Cd, and Zn in the dust, which consists of mineral and organic particles originating from the soil, industrial

emitters, motor vehicles, and fuel consumption or other sources indoor like cooking, cigarettes, etc. The present study aimed to investigate the potentially toxic metal (Zn, Cu, Cr, Ni, Fe, and Mn) Health hazard. Air dust samples were collected from outdoor and, indoor air at El-Minia city, Egypt. Heavy metal contents were performed using X-ray fluorescence (WDX). The human health risk of the measured heavy metals concentration was evaluated. The concentrations of heavy metals were founded higher outdoor than indoor, except Cu 827±115 μg/m^3 level indoor compared to 3±0.7 μg/m^3 outdoor (Fig. 1).

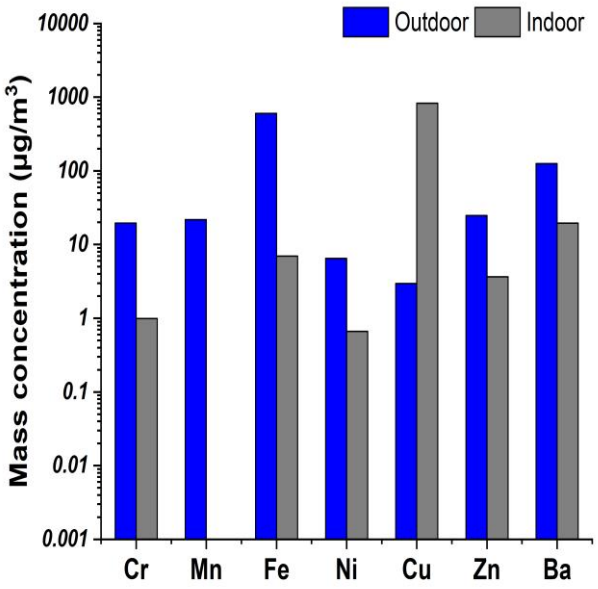


Fig. 1. Outdoor and indoor elements mass concentration in air dust.

The results show widespread heavy metal contamination, especially Cu and Fe, which were present as the highest values in indoor and outdoor dust, while Ni was the lowest content. Indoor and outdoor concentration ratios varied widely from one metal to another. An enrichment factor is used to explain the originality of the measured heavy metals. The measured heavy metals will compare with the worldwide levels.

The carcinogenic risk was assessed for adults and children via three exposure routes with order of R ingestion > R dermal contact > R inhalation. Finally, cancer risk values for heavy metals in El-Minia are presented. The calculated Hazard Index (HI) value was lower than the acceptable HI value of 1 indicating no significant non-cancer risk to the people from exposure to these heavy metals at present. The study also found no carcinogenic risk on exposure to the metals present in the indoor dust samples.

1. M.Y. Hanfi, M.Y.A. Mostafa, and M. V. Zhukovsky, Environmental Monitoring and Assessment 192, (2020).
2. M.Y. Hanfi and I. V Yarmoshenko, 3655, (2020).

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

Мышкина А.В.[1], Бажукова И.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

E-mail: a.v.myshkina@urfu.ru

PROSPECTS FOR USE RARE EARTH METAL OXIDES NANOPARTICLES IN BIOLOGY AND MEDICINE

Myshkina A.V.[1], Bazhukova I.N.[1]

[1)] Ural Federal Universityб Yekaterinburg, Russia

Rare earth metal dioxide nanoparticles are promising as analogs of biological enzymes. The main research problem is the high dependence on both the structure of nanoparticles and the reaction conditions. Research is aimed at identifying the optimal structure of nanoparticles and environment.

В последнее время наблюдается увеличение количества работ, связанных с исследованием свойств наночастиц редкоземельных металлов в промышленности и науке, и в особенности медицина и биология. Наночастицы способны проявлять свойства, подобные органическим ферментам, таким как каталазе, супероксиддисмутазе, пероксидазе и другими. Но основная проблема таких исследований заключается в сильной зависимости наблюдаемых свойств от физических характеристик наночастиц, которые могут зависеть как от способа получения и, следовательно, размеров и формы частиц, их структуры, так и свойств внешней среды (кислотности, концентрации, наличия активных форм кислорода, внешнего излучения) [1]. Поэтому большая доля текущих научный исследований направлена на выявление связей между физико-химическими и биологическими свойствами наночастиц, а также выявления оптимальных условий для исследований в каждой группе ферментов.

Исследование активности ферментов проводится с помощью фотометрических методов, которые основаны на разнице в полосах поглощения исходного вещества и продукта реакции [2].

В работе использовались наночастицы диоксида церия, полученные физическими и химическими методами, а также модифицированные путем отжига и допирования. Были исследованы свойства данных наночастиц, которые выполняли роль ферментов из различных групп. Кинетические зависимости были обработаны уравнением для реакций псевдо-первого порядка, вычислены значения эффективных констант (k) скорости реакции для фотокаталитических исследований, а также скорости реакции с помощью уравнения Михаэлиса-Ментена.

1. Hernández-Castillo Y. et al. Ceram. Int. Elsevier Ltd, . 45(2), 2303–2308(2019)
2. Vinothkumar G. et al. J. Phys. Chem. C. American Chemical Society, 123 (1), P. 541–553(2019)

СЕГМЕНТАЦИЯ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА НА СНИМКАХ МРТ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Новоселов И.Э.[1], Смирнов А.А.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

E-mail: novivan001@gmail.com

BRAIN TUMOR SEGMENTATION IN MRI IMAGES WITH NEURAL NETWORKS

Novoselov I.E.[1], Smirnov A.A.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin

Brain tumors - the deadliest diseases in the world. The segmentation of these tumors in MRI images using neural networks can be used for diagnostics, monitoring and therapy planning. The aim of the work is to create a method for brain tumor segmentation with neural networks in Python.

Опухоли головного мозга являются одними из самых смертоносных онкологических заболеваний в мире. Глиома - наиболее распространенным тип данных злокачественных образований, они возникают из глиальных клеток головного мозга [1]. Несмотря на то, что существует множество различных подходов лечения опухолей, продолжительность жизни пациентов с этим заболеванием составляет от 2 до 5 лет. В последнее время методы сегментации на основе глубокого обучения превзошли традиционные методы компьютерного зрения. Нейронные сети можно использовать для решения медицинских задач, хотя несколько лет назад они применялись лишь для немедицинских целей. Поэтому сегментация данных онкологических образований на снимках МРТ с помощью нейронных сетей может быть использована для диагностики, мониторинга и планирования терапии, позволяет добиться экономии времени врачей на анализ полученной информации.

Целью работы является создание метода сегментации опухолей головного мозга на снимках МРТ с помощью нейронных сетей. Для этого необходимо исследовать уже существующие методы сегментации медицинских изображений, найти набор снимков МРТ, разработать архитектуру нейронной сети, обучить ее на наборе данных, оценить полученные результаты.

В качестве наборов изображений планируется взять набор снимков МРТ Brain Tumor Segmentation (BraTS). Размер каждого изображения составляет 240 x 240 x 155 вокселей. Набор из BraTS содержит три подмножества: обучающий набор, набор для тестирования и проверочный набор [2].

Нейронную сеть планируется создавать с помощью языка программирования Python, так как он доступен, прост, популярен, для него существует множество

открытых библиотек для расчетов и визуализации данных, а также для задач построения и обучения нейронных сетей.

1. C. Zhou, C. Ding, X. Wang, Z. Lu and D. Tao, "One-Pass Multi-Task Networks With Cross-Task Guided Attention for Brain Tumor Segmentation", IEEE Transactions on Image Processing, vol. 29, pp. 4516-4529, 2020, doi: 10.1109/TIP.2020.2973510.
2. Spyridon (Spyros) Bakas, February 28, 2020, "Brats MICCAI Brain tumor dataset", IEEE Dataport, doi: https://dx.doi.org/10.21227/hdtd-5j88.s

НАНОЧАСТИЦЫ ОКСИДА ЦЕРИЯ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ МАЛЬТОДЕКСТРИНОМ, КАК МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ НАНОЗИМ

Офицерова Н.Ю.[1], Бажукова И.Н.[1], Мышкина А.В.[1], Бакшеев Е.О.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: n.ofitserova@mail.ru

MALTODEXTRIN-COATED CERIUM OXIDE NANOPARTICLES AS MULTIFUNCTIONAL NANOZYME

Ofitserova N.Yu.[1], Bazhukova I.N.[1], Myshkina A.V.[1], Baksheev E.O.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Cerium oxide nanoparticles can perform the function of several enzymes (catalase,superoxide, ismutase, peroxidase etc). The paper reviews the data on enzyme-like mimetic CeO2 nanoparticles. The results of a study of the multienzymatic activity of maltodextrin coated CeO2 nanoparticles are presented.

Наночастицы оксида церия представляют собой перспективный объект для применения в медицине и биологии. Этот материал способен проявлять разнообразную биологическую активность в живых системах благодаря присущим ему физико-химическим свойствам в наносостоянии [1]. Наличие смешанных валентных состояний и кислородных вакансий на поверхности данных наночастиц обуславливают их способность участвовать в окислительно-восстановительных процессах в клетке и тем самым проявлять каталитическую, антиоксидантную и другие виды биологической активности.

Антиоксидантная активность наночастиц CeO_2 имеет важное значение, так как многие хронические заболевания могут быть связаны с окислительным стрессом. Потенциальное терапевтическое использование наночастиц CeO_2 имеет преимущества по сравнению с другими антиоксидантными подходами в лечении. Так, например, наночастицы, транспортирующие антиоксиданты, способны нейтрализовать только один вид радикалов. Напротив, наночастицы CeO_2

проявляют мультиферментативную активность, поглощая такие радикалы, как супероксид-ион, пероксид водорода, гидроксильный радикал, нитрозил-радикал и пероксинитрит [2].

Необходимо отметить, что наряду с исследованиями, демонстрирующими способность наночастиц CeO_2 нейтрализовать активные формы кислорода и защищать клетки от повреждения, существуют работы, в которых были зафиксированы прооксидантные эффекты влияния CeO_2 в результате сильного окислительного стресса [3]. Другие исследования показали, что наночастицы CeO_2 являются каталитически неактивными по отношению к клеткам [4]. Кроме того, в наших ранних работах показано селективное ингибирование опухолевых клеток при отсутствии воздействия на нормальные клетки [5].

Целью данной работы является обзор и анализ фактических данных о мультиферментативной активности наночастиц CeO_2, а также исследование подобной активности для наночастиц CeO_2, стабилизированных мальтодекстрином. Наночастицы CeO_2 были получены химическим методом осаждения [6]. Исследование мультиферментивной активности наночастиц CeO_2 проводили методом оптической спектроскопии.

Результаты исследования показали, что наночастицы CeO_2 способны выполнять функции ферментов каталазы, пероксидазы и супероксиддисмутазы. Контроль физико-химических параметров, обуславливающих мультиферментивную активность, позволит создавать лекарственные средства направленного действия. Решение данной проблемы позволит сформировать предпосылки для получения наноматериалов с заданными характеристиками для конкретного медицинского применения, что особенно актуально с точки зрения масштабирования процессов производства наночастиц и дальнейшей разработки на их основе лекарственных средств.

1. Dhall A., Self W. Antioxidants, 7(8), 97 (2018).
2. Nelson B. C. et al. Antioxidants, 5(2), 15 (2016).
3. Ranjbar A. et al. Journal of Molecular Neuroscience, 66(3), 420-427 (2018).
4. Hardas S. S. et al. Toxicological sciences, 116(2), 562-576 (2010).
5. Bazhukova I. N. et al. Optical Materials, 92, 136-142 (2019).

VACCINES EVOLUTION

Ojo B.O.[1], Ivantsova M.N.[1]

[1)] Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University. Ekaterinburg, Russia

E-mail: melosoji@gmail.com

Infectious diseases were a major cause of death worldwide prior to the development of the first vaccine, with life expectancy estimated to be <50 years. Measures helped to reduce the burden of infectious diseases significantly, but only vaccinations have demonstrated that they can kill infection.

Vaccines, which have contributed to the eradication of smallpox and substantial decreases in the incidence of many other viral and bacterial diseases, are among the most significant public health initiatives in history [1]. But, like any medical intervention, vaccines also pose a risk. Generally, vaccine reactions are mild, but they can rarely be serious. The public usually finds that when a disease is widespread and can have serious effects, the advantages of a vaccine that can prevent it outweigh the comparatively low chance of a serious side effect [1]. But as the occurrence of a disease decreases, vaccination hazards, which remain relatively stable, can become more prominent [2]. Finally, vaccine risks may seem more risky than disease risks.

The practice of immunization has been going on for hundreds of years. In 17th century China, Buddhist monks drank snake venom to confer immunity to snake bite and variolation (smearing of a cowpox skin tear to confer immunity to smallpox) was performed [3]. In 1796, after he inoculated a 13-year old boy with vaccinia virus (cowpox), and showed immunity to smallpox, Edward Jenner is known as the father of vaccinolgy in the West. The first smallpox vaccine was produced in 1798. Over the 18th and 19th centuries, the widespread introduction of smallpox mass immunization resulted in its worldwide eradication in 1979 [3]. Experiments performed by Louis Pasteur spearheaded the creation of live attenuated cholera vaccine and inactivated human anthrax vaccine (1897 and 1904, respectively). In the late 19th Century, the plague vaccine was also invented. Bacterial vaccine production proliferated between 1890 and 1950, including the vaccination of Bacillis-Calmette Guerin (BCG), which is still in use today [3].

1. Orenstein WA, Douglas RG, Rodewald LE, Hinman AR.Immunizations in the United States: success, structure, and stress. Health Affairs. 2005;24(3):599-610.
2. Chen RT, Rastogi SC, Mullen JR, et al. The Vaccine Adverse Event Reporting System (VAERS). Vaccine 1994;12(6):542-550.
3. 3https://www.immune.org.nz/vaccines/vaccine-development/brief-history-vaccination#:~:text=Edward%20Jenner%20is%20considered%20the,first%20smallpox%20vaccine%20was%20developed.

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ОЦЕНКИ СТРУКТУРНО – ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕРДЦА У ДЕТЕЙ ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ

Карякина О.Е.[1], Карякин А.А.[2], Оруджова О.Н.[1]

[1)] Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
[2)] Северный государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации
E-mail: olga.orudzhova@yandex.ru

PROGRAM MODULE FOR EVALUATION OF STRUCTURAL AND FUNCTIONAL PARAMETERS OF THE HEART IN CHILDREN OF THE FIRST YEAR OF LIFE

Karyakina O.E.[1], Karyakin A.A.[2], Orudzhova O.N.[1]

[1)] Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
[2)] North State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation

The developed software module is designed to assess the structural and functional parameters of the heart in children of the first year of life and automatically correlate the values measured during echocardiography with the normal criteria.

Врожденные пороки сердца занимают одно из ведущих мест в структуре заболеваемости детей и подростков, представляя собой неправильно сформированные структуры сердца или сосудов во время развития эмбриона. Широкое внедрение в медицинскую практику ультразвуковых методов исследования значительно повысило степень выявляемости данной патологии у детей [1]. Эффективный и качественный учет результатов ультразвуковых исследований (УЗИ) в учреждениях здравоохранения невозможен без применения специализированных программных средств. Результаты проведённого обзора программных средств по учету результатов УЗИ обозначили следующие недостатки рассмотренных аналогов: высокая стоимость готовых программных продуктов, не полное соответствие функциональных возможностей программ запросам специалистов, необходимость интеграции программного модуля в информационную сеть учреждения здравоохранения [2, 3, 4, 5]. Учитывая вышеизложенное, разработка программного модуля оценки структурно-функциональных параметров сердца у детей первого года жизни по результатам эхокардиографии является актуальной. Базой проведения настоящего исследования стало отделение функциональной диагностики Архангельской детской областной клинической больницы им. П.Г. Выжлецова. В качестве среды разработки была выбрана среда «Microsoft Visual Studio». Структурная схема программного модуля содержит следующие блоки «Форма ввода», «Блок сведений о пациенте» и «Блок учёта параметров эхокардиографии».

В «Блок сведений о пациенте» регистратор вносит всю необходимую информацию о ребенке, контактные данные родителей. «Блок учёта параметров эхокардиографии» позволяет вносить развернутый перечень из 30 структурных и функциональных параметров сердца, которые регистрируются у ребенка во время проведения УЗИ. В завершении исследования формируется «Заключение», содержащее полученные результаты, на основании которых врач формирует предварительный диагноз.

Важнейшим достоинством разработанного программного модуля является возможность соотнесения вводимых данных с нормативными величинами эхокардиографических параметров сердца детей Европейского Севера России, сформированными коллективом авторов Архангельской областной детской клинической больницы. Таким образом, разработанный программный модуль позволит: сократить время оформления результатов эхокардиографии путем быстрого ввода и формирования готового протокола исследования, осуществлять экспорт и печать протоколов в пакет программ «LibreOffice Base», вести архив результатов УЗИ с реализацией функций поиска и печати предыдущих протоколов, формировать готовые интерактивные протоколы исследования, воспользоваться полным перечнем эхокардиографических параметров, регистрируемых у детей первого года жизни.

1. Глазун, Л.О. Ультразвуковая диагностика врожденных пороков сердца: учеб. пособие для системы послевуз. и доп. проф. образования врачей. Хабаровск: ИПКСЗ, 2013. 186 с.
2. Медицинская информационная система «Ариадна» [Электронный ресурс]. URL: https://reshenie-soft.ru/about-system (дата обращения: 11.01.2021).
3. Свидетельство о госрегистрации программы для ЭВМ 2015618616. Рос. Федерация. Программа ввода данных показателей функционального состояния сердечно - сосудистой системы и почек у детей с ожирением и артериальной гипертензией / Н.Б. Куприенко, С.Б. Анохин, В.А. Барт, Н.Н. Смирнова и соавт. №2014661565; заявл. 17.11.2014; опубл. 20.09.2015.
4. Свидетельство о госрегистрации программы для ЭВМ 2014616951. Рос. Федерация. Протоколирование и анализ результатов клинических ультразвуковых исследований / А.А. Митюшин, В.А. Быковский. №2014614802; заявл. 22.05.2014; опубл. 20.08.2014.
5. Свидетельство о госрегистрации программы для ЭВМ 2018616914. Рос. Федерация. Программа автоматизации деятельности медицинской организации «Реестры ЛПУ» / О.М. Лимонова. №2018614831; заявл. 19.04.2018; опубл. 09.06.2018.Пат. 2670734 Российская Федерация, МПК G02B 21/24. Регулируемый штатив для оптического прибора для наблюдения [Текст] / Й. Матиас, Л. Йоахим. – № WO/2015/043763; заявл. 29.09.2014; опубл. 02.04.2015, бюл. 043763.

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ В СПИРТОСОДЕРЖАЩИХ ВЕЩЕСТВАХ С ПОМОЩЬЮ НАНОСТРУКТУР

Какорина О.А.[1], Запороцкова И.В.[1], Панченко А.Н.[1]

[1)] Волгоградский государственный университет

E-mail: alexandra1889@mail.ru

IDENTIFICATION OF THE IMPURITIES IN THE ALCOHOL-CONTAINING SUBSTANCES WITH THE USE OF NANOSTRUCTURES

Kakorina O.A.[1], Zaporotskova I.V.[1], Panchenko A.N.[1]

[1)] Volgograd State University

The paper presents the results of the detection of formic and acetic aldehydes in alcohol-containing liquids using carbon nanotubes. The calculations were performed in the framework of the molecular cluster model by the MNDO method.

Судебная экспертиза, как развивающаяся область знания, с необходимостью должна использовать достижения наиболее современных научных исследований и технологий. Подобный подход может обеспечить разработку и создание новых перспективных методов и методик судебно-экспертных исследований веществ, материалов и изделий, которые обеспечат выполнение высококачественных и наукоемких экспертиз.

В настоящее время одной из наиболее перспективных и бурно развивающихся технологий является нанотехнология.

Поэтому исследования возможности использования наноматериалов в практике анализа спиртосодержащих жидкостей и, соответственно, в области проведения судебных экспертиз спиртосодержащих жидкостей, являются безусловно актуальными.

Алкогольные напитки содержат в своем составе некоторое количество этилового спирта. В небольших количествах для взрослого человека это органическое вещество неопасно. Но нет такого алкоголя, в котором бы не присутствовали различные добавки. Вкусовые и ароматические модификаторы добавляют туда специально. А в плохо очищенных напитках в небольшом количестве остаются ядовитые вещества, которые наносят серьезный вред. Очень часто в алкогольных напитках кустарного производства встречаются альдегиды. Альдегиды - летучие жидкости. Это наркотики, оказывающие выраженное раздражающее действие, особенно на слизистые глаз и органов дыхания, а при контакте с кожей и на кожные покровы.

Поэтому очень важно уметь определять наличие вредных примесей в алкогольной продукции. В работе предложен механизм выявления альдегидов с помощью углеродных нанотрубок. Данные структуры обладают достаточно высоко развитой адсорбционной поверхностью, это свойство и помогает выявить присутствие альдегидов в спиртосодержащих жидкостях.

В работе изучен механизм адсорбции муравьиного и уксусного альдегидов на поверхности углеродных нанотрубок типа «arm-chair» (6,6) и (8,8). Расчеты проводились в рамках модели молекулярного кластера с использованием полуэмпирической схемы MNDO. Рассмотрены несколько вариантов расположения молекул альдегидов над поверхностью нанотубулена: 1) молекулы приближаются атомом кислорода; 2) молекулы приближаются атомами водорода. Процесс адсорбции моделировался пошаговым приближением адсорбирующихся молекул к поверхности тубулена. Выполненные расчеты позволили построить профили поверхности потенциальной энергии процессов адсорбции. Анализ энергетических кривых установил, что возможна химическая адсорбция данных молекул на поверхности тубуленов. Следует заметить, что образовавшиеся адсорбционные комплексы «УНТ+альдегид» обладают различными элетронно-энергетическими характеристиками по сравнению с чистыми тубуленами. Это проявляется в изменении ширины запрещенной зоны, что как раз и позволяет выявить примеси в спиртосодержащих жидкостях.

1. Dresselhaus M.S., Dresselhaus G., Avouris P. Carbon nanotubes: synthesis, structure, properties, and application. - Springer-Verlag, 464 (2000).
2. Эварестов Р.А., Квантово-химические методы в теории твердого тела / Р. А. Эварестов. – Л.: ЛГУ, 280 (1982).

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПРОЦЕССЫ ГЕНЕРАЦИИ ПАТТЕРНОВ В ГЛИКОЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СЕЛЬКОВА С ДИФФУЗИЕЙ

Панкратов А. А.[1], Башкирцева И. А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет

E-mail: alexandrpankratov9@gmail.com

INFLUENCE OF STOCHASTIC EFFECTS ON PATTERN GENERATION PROCESSES IN SELKOV GLYCOLYTIC MODEL WITH DIFFUSION

Pankratov A. A.[1], Bashkirtseva I. A.[1]

[1)] Ural Federal University

A dynamical distributed glycolytic model is considered. We study non-homogeneous spatial patterns and transient processes in the parametric zone of Turing instability by harmonic coefficients. Phenomena of multistability, noise-induced excitement and suppression of self-oscillations are discussed.

Исследование механизмов пространственно-временной самоорганизации в гликолизе привлекает внимание многих исследователей [1-4]. В работе исследуется распределенный вариант модели Селькова гликолитической реакции с одной пространственной координатой и диффузией

$u'_t = \eta - uv^2 + D_u\, u''_{xx}$

$v'_t = uv^2 - \omega v + D_v\, v''_{xx}$

на интервале [0, L] с условиями непротекания на границах. Описана зона неустойчивости по Тьюрингу, в которой возможна генерация неоднородных пространственных паттернов-аттракторов. Дано параметрическое описание зависимости амплитуд и числа пиков формируемых пространственно-неоднородных паттернов-аттракторов, скорости их формирования и кратности в зонах мультистабильности. Исследованы индуцированные шумами переходы между сосуществующими паттернами-аттракторами с помощью аппарата гармонических коэффициентов. Показано явление стохастической генерации паттернов в зоне Тьюринговской устойчивости. С использованием аппарата гармонических коэффициентов рассмотрены переходные процессы, приводящие к генерации устойчивых негомогенных пространственных структур.

1. A.I. Lavrova et al, BioSystems 97, 127–133 (2009).
2. J. Zhou, J. Shi, IMA Journal of Applied Mathematics 80, 1703-1738 (2015).
3. I. Bashkirtseva, A. Pankratov, Eur. Phys. J. B 92, 238 (2019).
4. I. Bashkirtseva, A. Pankratov, Eur. Phys. J. Special Topics 229, 3033-3042 (2020)

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПОДСЧЕТ МИКРООРГАНИЗМОВ И ФОРМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КАМЕРЕ ГОРЯЕВА С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИХ ПОВЕДЕНИЯ

Пашутин Л.С.[1], Смирнов А.А.[1]

[1)] Уральский Федеральный Университет имени первого президента Б.Н. Ельцина, Физико-технологический институт, ул. Мира д. 21, г. Екатеринбург, Российская федерация, 620002

E-mail: 1602lps@gmail.com

AUTOMATED COUNTING OF MICROORGANISMS AND SHAPED ELEMENTS IN THE GORYAEV CHAMBER USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS FOR PREDICTING THEIR BEHAVIOUR

Pashutin L.S.[1], Smirnov A.A.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Institute of Physics and Technologies, Mira 21, Yekaterinburg, Russia Federation, 620002

The work is aimed at improving and automating the process of counting microorganisms and shaped elements when using the Goryaev chamber. As result, it is planned to get a program that processes the image of the Goryaev camera, and composes a summary of examination with combining it into a database.

За последние годы, с развитием информационных технологий были усовершенствованы или даже заменены многие процессы в самых разных сферах. Но остаются и такие «проверенные временем» операции как подсчет микроорганизмов и форменных элементов в камере Горяева. Эта камера зарекомендовала себя как отличный и простой в использовании инструмент еще в 20-е годы прошлого века. Данная работа направлена на усовершенствование и осовременивание данной процедуры путем использования интернет технологий.

Результатом работы будет являться готовая автоматизированная программа для подсчета микроорганизмов и элементов, разработанная на языке программирования Python, а также позволяющая предсказать численность популяции в зависимости от таких параметров как температура, кислотность и др.

Подсчет будет осуществляться путем обработки полученного изображения (например фотографии) с помощью инструментов библиотеки OpenCV. В результате работы программы будет выводиться файл с результатами исследования: общее количество элементов, количество элементов в отдельной клетке камеры Горяева, средние размеры объектов, также позволит создать массив из нескольких последовательных исследований для удобства работы с полученными результатами. При подсчете будут использоваться такие же правила и методы, что и при ручном подсчете в камере Горяева.

Работа программы может быть описана следующей последовательностью операций:

- Контрастирование

- Фильтрация изображения
- Оконтуривание объектов
- Подсчет контуров
- Измерение полученных контуров и измерение статистических показателей
- Вывод информации об исследовании

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЛУЧЕННОГО МЯСА ПТИЦЫ

Пустотина А.А.[1], Баранова А.А.[1], Селезнева И.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: pustotinasasha@gmail.com

APPLICATION OF RADIATION TECHNOLOGIES AND IDENTIFICATION OF IRRADIATED POULTRY MEAT

Pustotina A.A.[1], Baranova A.A.[1], Selezneva I.S.[1]

[1)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

In this work we study the effectiveness of the EPR method for monitoring radiation safety food products on the example of chicken meat. Irradiation of meat samples is carried out in a linear accelerator. The analysis is carried out by comparing the spectra of the irradiated and control samples.

Радиационные технологии (РТ) имеют широкую область применения: медицина, энергетика, агропромышленный комплекс. В последнее время развивается применение РТ в обработке пищевых продуктов, с целью угнетения патогенной микрофлоры и увеличению сроков годности.

Использование ионизирующего излучения для стерилизации обусловлено тем, что оно вызывает поражение генетического материала клеток, эффективно предотвращая в них протекание биологических процессов, необходимых для продолжения существования организмов. Не менее важным является сохранение органолептических свойств продукта, что делает данный метод более выигрышным в сравнении с распространенным методом тепловой обработки.

Использование столь эффективного метода обработки требует проведение радиобиологического контроля, позволяющего исключить негативное влияние на человеческий организм. Продукция, прошедшая проверку должна подлежать маркировке, указывающей факт подверженности продукции воздействию ИИ и его безопасности. Проблему точного установления дозы полученной продукцией, решает высокоэффективный метод ЭПР спектрометрии.

Целью данного исследования является изучение возможности использования метода ЭПР спектрометрии для проведения радиобиологического контроля мяса курицы.

Для эксперимента отобрано охлажденное мясо курицы, бедренная часть. Эксперимент проводился по двум направлениям: установление факта радиационной стерилизации образцов и радиобиологический контроль образцов мяса птицы до и после проведенного облучения.

Применяемая доза облучения мяса птицы выбрана, исходя из сложившейся практики признания безопасной дозой облучения до 10–12 кГр. Съем спектра осуществлялся с использованием кости, которая подвергается предварительной пробоподготовке.

Установление факта облучения проводится расчетным путем [3], подтверждение факта облучения образца, осуществляется при выполнении условия: D больше 1. Присутствие в образцах свободных радикалов определяется амплитудой сигнала ЭПР.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что метод ЭПР является перспективным в области осуществления контроля безопасности облученного мясного сырья. Актуальность исследования мяса и мясных продуктов методом ЭПР обусловлена необходимостью развития в сфере радиационной обработке продуктов питания, а также для изучения влияния доз облучения на сроки хранения и качество мясных продуктов.

1. Р. Т. Тимакова, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова, Б. У. Байхожаева. Применение радиационных технологий при обработке пищевой продукции. Сборник трудов Международного симпозиума.249-252 (2018).
2. R.T. Timakova, S.L. Tikhonov, A.N. Tararkov, L.S Kudryashov. Assessment of radiation safety of chilled meat. The Journal Theory and practice of meat processing № 3:57-65 (2016).
3. ГОСТ Р 52529-2006 Мясо и мясные продукты. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных мяса и мясопродуктов, содержащих костную ткань (с Поправкой).–Введ.2007.-01.01.–М: Стандартинформ, 2006.– 9 с.

HERBAL SUPPLEMENTS

Ramirez L.[1], Ivantsova M.N.[1]

[1)] Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University. Ekaterinburg, Russia

E-mail: liz170496@gmail.com

This abstract presents herbal supplements, definition, characteristics, uses, also it's about the products of herbal supplements, the most common herbal supplements and their different uses, and also the advantages and risk to take herbal supplements, the industry an different aspects of these.

Herbal supplements are products derived from plants and their oils, seeds, berries or flowers, and also these supplements have been used for centuries [1]. But in recent years we have supplement based on botanical ingredients such as Echinacea, valerian or gingko. On the other hand we can say about herbal supplements has helped to describe how is made herbal supplements because they have different forms include liquid extract, oils, teas, tablets, and capsules. In the same way we have many common herbal supplements with different uses for the human body [2]. Scientists are studying about the different uses and also they are evaluating clinical studies in botanical or pharmaceutical medicines because people take these supplements for maintain health and treat diseases symptoms [3]. For this reason, the increase in the use of herbal food supplements is described as part of a trend that allows consumers to manage their daily health needs, which presupposes access to clear and accurate information to make effective decisions.

1. L. Bellows and R. Moore, «Dietary Supplements: Herbalsand Botanicals,» October 2013. [En línea]. Available: https://extension.colostate.edu/docs/pubs/foodnut/09370.pdf.
2. Cleveland Clinic, «Herbal Supplements,» 11 December 2019. [En línea]. Available: https://my.clevelandclinic.org/health/drugs/15829-herbal-supplements.
3. R. M. N. Chattopadhyay, «Herbal Medicine,» 2014. [En línea]. Available: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.05061-3. [Último acceso: 12 December 2020].

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ФРАКЦИОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ДЛЯ РАСЧЕТА БИОЛОГИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫХ ДОЗ

Сафронова А.В.[1], Вазиров Р.А.[1], Коротовских О.И.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: safronova.al.vl@gmail.ru

APPLICATION OF FRACTIONATION OF RADIOTHERAPY METHODS FOR CALCULATING BIOLOGICALLY EFFECTIVE DOSES

Safronova A.V.[1], Vazirov R.A.[1], Korotovskikh O.I.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Fractionation of radiotherapy gives the healthy cells time to regenerate between the factions. Using radiobiological models and a compiled database, the calculation of biologically effective doses for various tissues and organs was made.

В современной медицине одним из эффективных методов лечения онкологических заболеваний является лучевая терапия. Однако применение ионизирующего излучения сопряжено с рисками возникновения негативных последствий на здоровых тканях. Таким образом, основной задачей лучевой терапии является уничтожение опухолевых клеток с сохранением жизнеспособности или физиологических функций нормальных тканей и органов. Одним из методов снижения вероятности проявления негативных эффектов является метод фракционирования дозы облучения, позволяющий здоровым клеткам регенерировать между подводимыми фракциями. Преимуществом использования данного метода является то, что благодаря низкой разовой дозе оказывается минимальное негативное воздействие на здоровые ткани и органы [1].

Для моделирования реакции тканей на воздействие ионизирующим излучением используют радиобиологические модели [2]. Они применяются для расчета разовой дозы, числа фракций и общей дозы. Эти данные необходимы для расчета подведенной дозы, достаточной для уничтожения (контроля) опухоли, но при этом с сохранением физиологических функций нормальных здоровых тканей (приемлемые границы осложнений).

Сложность состоит в том, что значения толерантных (переносимых) доз для различных тканей не одинакова. Тканевые реакции характеризуются пороговыми эффектами [3]. Контроль за значениями порогов доз позволяет минимизировать неблагоприятные последствия лучевой терапии со стороны здоровых тканей.

Проведение расчетов и оценка вероятности протекания реакции тканей является ключевой задачей лучевой терапии. Однако расчеты осложняются вследствие большого количества вида тканей и их реакций. Поэтому зачастую используют стандартные курсы фракционирования. Внедрение автоматизированных

подходов и баз данных чувствительности тканей позволят упростить процесс планирования курса.

Разработана база данных, содержащая информацию о толерантных дозах для различных тканей и органов. С учетом данных линейно-квадратичной модели произведен расчет необходимых биологически эффективных доз с помощью формул и программного обеспечения.

1. Слобина Е.Л. Онкологический журнал, Т. 2. № 2 (6), С. 173-186 (2008).
2. Столбовой А.В., Залялов. И.Ф. Онкология. Журнал им. П.А. Герцена, Т. 5. № 6, С. 88-96 (2016).
3. Аклеев А.В. Радиационная биология. Радиоэкология, Т. 54. №3, С. 241-255 (2014).

РАЗРАБОТКА ТЕРМОСТАТА НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕЛЬТЬЕ МАЛОГО РАЗМЕРА ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ЗАДАННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА

Сахно К.С.[1], Волжанинов Д.А.[2], Балакин А.А.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
[2)] Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: sahno.kostya@gmail.com

THE DEVELOPMENT OF THE THERMOSTAT BASED ON THE SMALL SIZED PELTIER ELEMENTS FOR MAINTAINING THE PREDEFINED TEMPERATURE OF A BIOLOGICAL PREPARATION

Sakhno K.S.[1], Volzhaninov D.A.[2], Balakin A.A.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Immunology and Physiology, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

This work focuses on the use of Peltier elements in precise temperature control system that is necessary for biological research. We have designed, modeled, and constructed a temperature control unit for an experimental chamber of the inverted microscope using Peltier elements.

Для проведения биофизических и биомеханических исследований на изолированных тканях или клетках необходимо поддерживать температуры (4-37°C) омывающего раствора в экспериментальной ванночке с препаратом [1]. Особенностью таких исследований также является применение инвертированных микроскопов с небольшим предметным столом, что требует использования в качестве термостатирующих (нагревательных или охладительных) устройств объекты малых размеров.

Цель данной работы – проектирование, моделирование и построение блока контроля температуры омывающего раствора в экспериментальной ванночке, расположенной на предметном столе инвертированного микроскопа, с использованием элементов Пельтье малых размеров.

Особенностью применения элементов Пельтье в системах термостабилизации является их возможность производить нагрев и охлаждение в зависимости от направления протекания тока через них и большая линейка размеров, что делает эти устройства наиболее подходящими для решения поставленной задачи. У элементов Пельтье малых размеров, используемых в данной работе (1 $см^2$), максимальные значения подаваемого напряжения и протекающего тока составляют 0,8 В и 3 А, соответственно. В качестве блока питания элементов Пельтье использована стандартная схема питания центрального процессора на материнской плате [2], имеющего схожие требования к параметрам питания – низкое напряжение (0,5-1,5 В) и высокий ток (до 100 А). Управляющим элементом схемы питания выступает ШИМ-контроллер, генерирующий прямоугольные импульсы с установленной частотой и скважностью, которые подаются на драйвер силового ключа. В данной работе в качестве ШИМ-контроллера используется платформа Arduino UNO. Силовой ключ состоит из пары MOSFET-транзисторов под управлением микросхемы-драйвера. В качестве драйвера силового ключа используется полумостовой драйвер. Сопротивление канала в открытом состоянии MOSFET-транзистора не должно быть сравнимо с сопротивлением элемента Пельтье (0,2 Ом) во избежание образования резистивного делителя. В данной работе указанный выше параметр используемых транзисторов составляет 5 мОм. Непосредственно перед нагрузкой (элементами Пельтье) установлен LC-фильтр, представляющий собой ФНЧ с частотой среза, значительно меньшей, чем частота ШИМ-сигнала, для выделения постоянной составляющей.

Первым этапом работы было проектирование и моделирование схемы. После успешной симуляции в программном обеспечении разработанной схемы и проверки соответствия её параметров был произведен подбор реальных электронных компонентов. Вторым этапом работы было построение печатной платы из подобранных компонентов.

В качестве измерительных приборов были использованы два независимых терморезистивных датчика. Предложенная схема продемонстрировала способность к удерживанию стабильной температуры на протяжении всего эксперимента в диапазоне от 25 до 37°C.

Работа выполнена в рамках темы ИИФ УрО РАН №АААА-А19-119070190064-4.

1. Olberding J. P., Deban S. M., J. Exp. Biol, 220, 2017-2025 (2017)
2. Dobkin B., Hamburger J., Analog Circuit Design Volume Three: Design Note Collection, Elsevier Inc (2015)

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КУРЕНИЯ ТАБАКА 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 CIGARETTE SMOKING 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 cigarette smoking 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 всегда отличались крайне тяжелыми условиями труда, и на данный момент невозможно свести к минимуму воздействие вредных факторов на здоровье работников. Стоит отметить, что на состояние сердечно-сосудистой системы влияют не только факторы производственной среды, но и поведенческие факторы. Курение является одной из вредных и распространенных привычек. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (1), в 2017 году в России курили сигареты 47% мужчин.

Данная работа посвящена исследованию воздействия поведенческих факторов на состояние сердечно-сосудистой системы (ССС) работников промышленных предприятий, занятых 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 304 работника промышленных предприятий Уральского региона, занятых во вредных условиях труда, в возрасте от 25 до 67 лет (средний возраст 49,5±9,0 лет).

В качестве методов исследования использовались регистрация интервалограмм по Баевскому Р.М. (2) и анкетирование работников. Запись интервало-

грамм использовалась для анализа вариабельности ритма сердца (ВРС). С помощью анкет была получена информация о возрасте, месте работы исследуемого, вредных привычках, 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 индекса курения.

1. WHO report on the global tobacco epidemic, 2017: monitoring tobacco use and prevention policies. Geneva, Switzerland: World Health Organization (2017)
2. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М. : Наука (1984)

ПОРТАТИВНАЯ МЕДИЦИНСКАЯ РАДИОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Севастьянов М.С.[1], Хохлов К.О.[1], Панкин В.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: sevastyanov97@yandex.ru

PORTABLE MEDICAL RADIOMETRIC SYSTEM

Sevastianov M.S.[1], Khokhlov K.O.[1], Pankin V.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The aim of the work is to develop a device for the implementation of medical radiometry with the possibility of autonomous operation.

Создание новых радиофармпрепаратов и быстрое развитие радиодиагностического оборудования коренным образом изменили положение радионуклидной диагностики (РНД) в клинической медицине и открыли широкие возможности для получения информации о биохимических и физиологических процессах и морфологических изменениях в органах и системах человека. Сегодня ведущие

производители медицинского оборудования выпускают на мировой рынок оборудование для радионуклидной диагностики, которое практически не производится в странах СНГ, так что это почти 100% импортируемые изделия. Их значительные размеры и компоновка позволяют использовать их только в качестве стационарных диагностических приборов. Для них характерны значительные стартовые затраты, сложность и высокая стоимость обслуживания в течение жизненного цикла. Все эти особенности можно рассматривать как сдерживающие факторы для распространения высокотехнологичных и информативных методик РНД. С учетом достижений промышленности и новых аппаратных решений для регистрации ионизирующего излучения актуальной становится задача создания портативной медицинской радиометрической системы, лишенной недостатков импортного диагностического оборудования [1-3].

В результате работы были спроектированы структурная блок-схема и принципиальная схема детектирующего устройства, блок подсчета и обработки информации. Счетная система основана на 16 независимых счетных каналах и последовательном периферийном интерфейсе. Микропроцессорная система состоит из микроконтроллера и внешней микросхемы памяти для своевременного сохранения результатов измерения интенсивности радиоактивности. Выполнено моделирование схемы в системе автоматизированного проектирования для изготовления электронного блока. Завершена установка радиоэлементов на разработанные платы с отладкой и проверкой работоспособности. Проведена серия экспериментов с источником гамма-излучения.

1. Koksharov V.A., Kortov S.V., Bazhukov S.I. Medicine target projects, 12 (2013).
2. Pankin S.V., Sarychev M.N., ANRI, 2, 40-47 (2018).
3. Bazukov S.I., Kopelyan E.I., Sedunova I.N., Collection of reports of the X Issyk-Kul International Conference on Radiation Physics SCORPH-2013, 174-179 (2013).

ОЦЕНКА АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ НАНОПОКРЫТИЙ

Северин К.Д.[1], Райков Д.В.[1], Бажукова И.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: severin_k@mail.ru

ASSESSMENT OF ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF CARBON-CONTAINING NANOCOATINGS

Severin K.D.[1], Raikov D.V.[1], Bazhukova I.N.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The study on the biological activity of carbon-containing nanocoatings in relation to the yeast culture of the Saccharomyces Cerevisiae strain and the bacteria of the E. coli TG1 strain was carried out.

Многочисленные исследования по применению наноматериалов в качестве антибактериальных агентов продемонстрировали их большой потенциал для лечения инфекционных заболеваний [1]. Перспективным направлением является сочетанное действие наноматериалов с антибиотиками, «поскольку они могут заполнить пробелы, в которых антибиотики часто неэффективны» [2]. При этом больший интерес, благодаря своим уникальным физикохимическим свойствам, представляют углеродные наноматериалы [3] и наночастицы металлов [4].

Целью данной работы является исследование биологической активности углеродсодержащих нанопокрытий по отношению к микроорганизмам.

Углеродсодержащие нанопокрытия были получены методом вакуумно-дугового испарения, при котором покрытие получается путем испарения атомов мишени и доставки их на подложку через газовую фазу. Антибактериальную активность углеродсодержащих нанопокрытий определения по отношению к следующим штаммам: дрожжевой культуре штамма Saccharomyces Cerevisiae и бактериям штамма E. coli TG1. Клеточные культуру инкубировали при постоянной температуре 36ºС. Для оценки биологической активности определяли индекс жизнеспособности клеточных культур на первые, третьи и шестые сутки после 24-часовой инкубации с нанопокрытиями.

Результаты исследования продемонстрировали ингибирующее действие углеродсодержащих нанопокрытий на жизнеспособность и пролиферативную активность микроорганизмов. Предполагается, что механизм действия нанопокрытий заключается в непосредственном контакте с клеточной стенкой бактерий [5]. Это сопровождается нарушением целостности бактериальной мембраны и/или образованием активных форм кислорода. Нарушение целостности биологической мембраны может происходить в результате электростатических взаимодействий

между нанопокрытием и поверхностью клеток, что приводит к изменению мембранного потенциала, потере целостности, нарушению дыхания, энергодефициту и гибели клетки .

1. Lee N. Y., Ko W. C., Hsueh P. R. Frontiers in pharmacology, 10, 1153 (2019).
2. Aslam B. et al. Infection and drug resistance, 11, 1645 (2018).
3. Al-Jumaili A. et al. Materials, 10(9), 1066 (2017).
4. Hoseinzadeh E. et al. Current drug metabolism, 18(2), 120-128 (2017).
5. Wang L., Hu C., Shao L. International journal of nanomedicine, 12, 1227 (2017).

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИМПУЛЬСОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Силина Е.С.[1], Хохлов К.О.[1], Баранова А.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: tdutifrfkbyf@gmail.com

MODERNIZATION OF THE MAGNETIC FIELD PULSE GENERATION FACILITY

Silina E.S.[1], Khokholov K.O.[1], Baranova A.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The subject of this work is modernization of the magnetic field pulse generation facility.

В настоящий момент на основе стационарного устройства для воздействия магнитным полем [1] создан лабораторный стенд магнитотерапевтической установки, применяемый для облучения культур клеток с целью изучения влияния на них постоянного и переменного магнитных полей. Стенд обладает небольшими размерами, делающими его мобильным. Индукция импульсов магнитного поля определяется коэффициентом заполнения последовательности, который в свою очередь задается параметрически.

Однако существенным недостатком мобильной конструкции по отношению к стационарной является неспособность получения фактического значения магнитной индукции напрямую, его приходится рассчитывать используя значение коэффициента заполнения. Для того чтобы реализовать прямое получение значения индукции, необходима модернизация конструкции.

Модернизация будет включать в себя добавление измерителя индукции магнитного поля с использованием эффекта Холла, который реализован в микро-

схеме AD22151. Измеритель индукции магнитного поля будет состоять из нескольких простых элементов, которые имеют небольшие размеры и позволят сделать измеритель компактным.

1. Волобуев А. П. и др. 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, (2018).

СТОХАСТИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЦИЯ РАННИХ ПОСТДЕПОЛЯРИЗАЦИЙ В ТРЁХМЕРНОЙ МОДЕЛИ СЕРДЕЧНОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ В РЕЖИМЕ ПОКОЯ

Слепухина Е.С.[1, 2], Ряшко Л.Б.[2]

[1)] Гогенгеймский университет, г. Штутгарт, Германия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: Evdokiia.Slepukhina@uni-hohenheim.de

STOCHASTIC GENERATION OF EARLY AFTERDEPOLARIZATIONS IN A THREE-DIMENSIONAL MODEL OF CARDIAC ACTION POTENTIAL IN A QUIESCENT MODE

Slepukhina E.S.[1, 2], Ryashko L.B.[2]

[1)] University of Hohenheim, Stuttgart, Germany
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We study a stochastic three-dimensional model of cardiac action potential. We show that noise can induce pathological early afterdepolarizations in a quiescent mode. We analyze this phenomenon by means of statistics of interspike intervals and the stochastic sensitivity functions method.

Одной из возможных патологий в образовании потенциала действия кардиомиоцита являются ранние постдеполяризации (РПД). Это дополнительные колебания мембранного потенциала, которые возникают следом за нормальным потенциалом действия до полного восстановления мембраны в состояние покоя. РПД могут привести к различным типам аритмии и внезапной остановке сердца.

В настоящее время механизмы возникновения РПД активно изучаются с помощью математических моделей. Одним из актуальных направлений является исследование влияния случайных возмущений на динамику таких систем.

В докладе рассматривается стохастический вариант трёхмерной модификации модели Люо-Руди [1,2] сердечного потенциала действия в области равновес-

ных режимов. Получено параметрическое описание статистических характеристик генерируемых шумом колебаний (средняя длительность потенциала действия, количество спайков в цикле, средние значения межспайковых интервалов и их коэффициенты вариации) в зависимости от интенсивности шума. Описан механизм перехода от равновесного режима к колебаниям с РПД с помощью аппарата стохастической чувствительности и доверительных областей. В области осцилляционных режимов выявлены преобладающие показатели количества спайков в цикле и межспайковых интервалов и дано их параметрическое описание в зависимости от интенсивности шума в контексте когерентного резонанса. С помощью функций стохастической чувствительности [3,4] и метрики Махаланобиса определены наиболее чувствительные к шуму зоны предельных циклов, моделирующих РПД, и проанализированы механизмы переходов между циклами с различным количеством спайков.

1. C. H. Luo, Y. Rudy, Circ. Res., 68, 1501-1526 (1991)
2. D. X. Tran et al. Phys. Rev. Lett., 102, Iss. 25, 258103 (2009).
3. I. A. Bashkirtseva, L. B. Ryashko, Math. and Comp. in Simulat., 66, Iss. 1, 55-67 (2004).
4. E. Slepukhina, L. Ryashko, P. Kügler, Chaos, Solitons and Fractals, 131, 109515 (2020).

РАЗРАБОТКА СЕНСОРНОГО БЛОКА НЕИНВАЗИВНОЙ ОБУЧАЕМОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Созинова О.Ю.[1], Зайцева А.Ю.[1], Кисляков Ю.Я.[1]

[1)] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт аналитического приборостроения Российской академии наук

E-mail: anna@da-24.ru

DEVELOPMENT OF A SENSOR UNIT FOR A NON-INVASIVE TRAINABLE DIAGNOSTIC SYSTEM FOR DIAGNOSING A HUMAN FUNCTIONAL BODE STATEMENT

Sozinova O.Yu.[1], Zaitseva A.Yu.[1], Kislyakov Yu.Ya.[1]

[1)] Institute for Analytical Instrumentation of the Russian Academy of Sciences

The design of the sensor unit based on miniature electrochemical electrodes was developed and investigated. Experimental studies of the effect of load on the functional state of the subjects were carried out, which were interpreted using the projection method for analyzing correlated data.

Функциональное состояние человека в значительной степени определяется процессами обмена веществ в органах и тканях, продукты которого являются надежными индикаторами изменения его функционального состояния. Показатели конденсата выдыхаемого воздуха, в котором в значительном количестве присутствуют продукты обмена веществ, были использованы для контроля функционального состояния человека. Разработан сенсорный блок мультисенсорной неинвазивной системы, имитирующая организацию и функционирование биологических сенсорных систем [1]. Предлагаемый подход не требует высокоточного определения содержания в биосредах определенных химических компонентов, которое ограничивается уровнем селективности и чувствительности сенсоров к основному измеряемому компоненту и ряду сопутствующих, а предлагается использовать массив электрохимических сенсоров с так называемой перекрестной чувствительностью. Каждый сенсор Na^+, K^+, Cl^-, NO_3^-, Ca^+, F^- и pH реагирует на присутствие сразу нескольких компонентов анализируемой среды. Получаемая совокупность многомерных данных требует современной математической обработки [2].

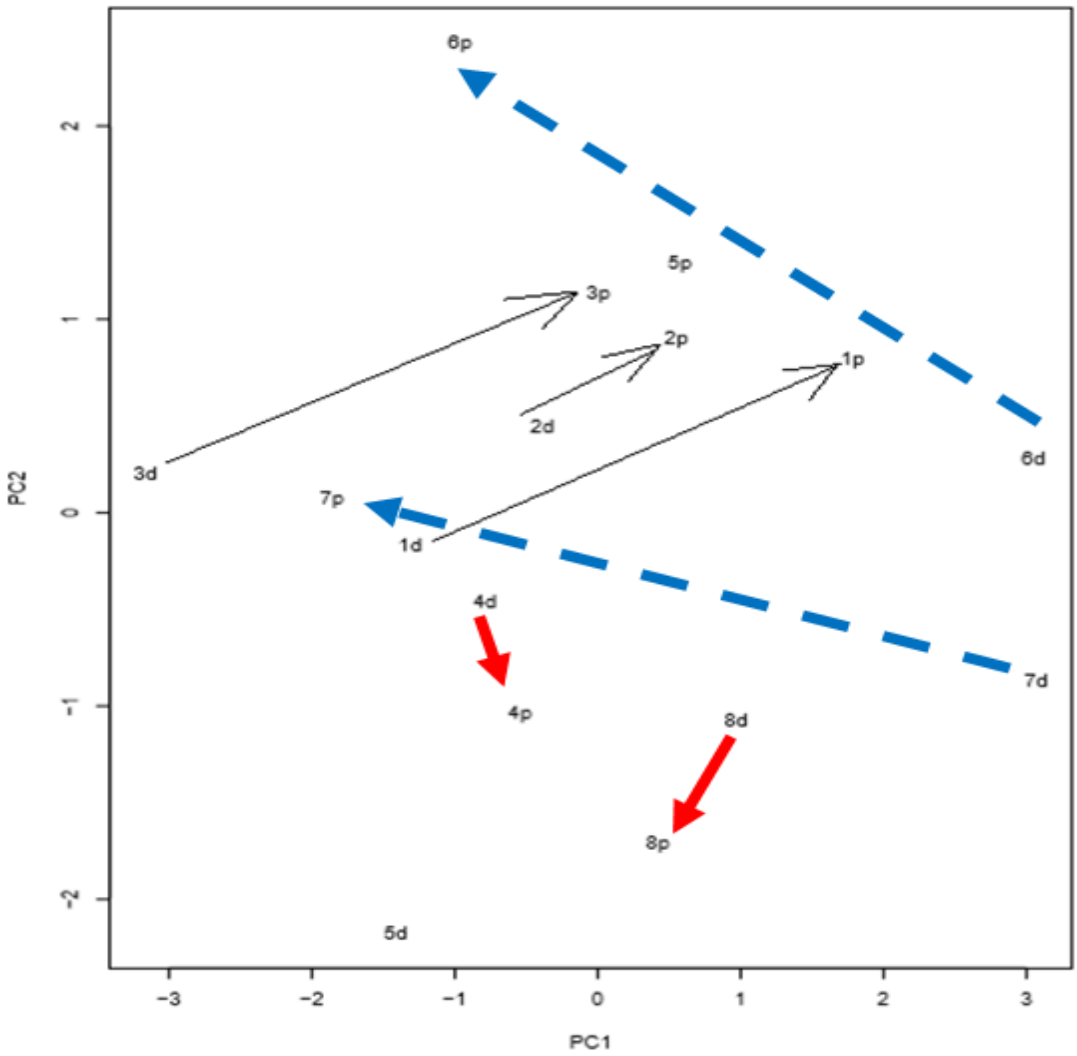


Рис. 1. Образы испытуемых №1-8 в проекции на плоскость двух первых главных компонент, d- до воздействия нагрузки, p- после воздействия.

Была разработана и исследована конструкция сенсорного блока на основе миниатюрных электрохимических электродов. Выполнены экспериментальные исследования влияния нагрузки на функциональное состояние испытуемых у 8 испытуемых, которые интерпретировались с помощью проекционного метода анализа коррелированных данных. На Рис.1 в виде точек в двумерном пространстве приведены образы состояния испытуемых при обработке данных методом главных компонент. Из полученных данных видно, что у групп испытуемых наблюдаются единообразные формы визуального изменения функционального состояния.

Результаты проведенных исследований показывают, что испытуемые разделяются на группы различной адаптированности и чувствительности к условиям нагрузки. Предложенная конструкция сенсорного блока с электрохимическими электродами и метод на основе мультисенсорной диагностической системы позволяет осуществлять неинвазивный инструментальный контроль функционального состояния здоровья человека.

Исследование выполнено в рамках Государственного задания № 075-01073-20-00.

1. Кислякова Л.П., Буляница А.Л., Кисляков Ю.Я., Гуляев В.И. Оценка функционального состояния человека при физических нагрузках по показателям конденсата выдыхаемого воздуха, регистрируемым полиселективными электрохимическими сенсорами с применением проекционных методов многомерного анализа // Научное приборостроение. – 2016.--№26 (2).—С.37-47.
2. Зайцева А.Ю., Кисляков Ю.Я., Кислякова Л.П., Авдюшенко С.А. Искуственная мультисенсорная система контроля функционального состояния специалистов опасных профессий // Естественные и технические науки. — 2019. —№ 11. — С. 355-358.

СТОХАСТИЧЕСКИЕ КАЛЬЦИЕВЫЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ В ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЛИ–РИНЦЕЛЯ

Степанова А.А.[1], Башкирцева И.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: nusa97@yandex.ru

STOCHASTIC CALCIUM OSCILLATIONS IN THE DYNAMICAL LI–RINZEL MODEL

Stepanova A.A.[1], Bashkirtseva I.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Stochastic variant of the Li-Rinzel model of calcium oscillations is studied. A bifurcation analysis of the model is carried out and parametric zones of equilibrium and oscillatory regimes are described. Mechanisms of stochastic excitement of calcium oscillations are analyzed.

Ионы кальция Ca^2+ играют важную роль в обработке и передаче информации, получаемой клеткой из внешней среды. Получив внешний сигнал, клетка резко увеличивает концентрацию кальция Ca^2+, что служит импульсом для активирования различных систем клетки. Во многих клетках импульсная реакция сопровождается последующими осцилляциями концентрации.

Механизмы кальциевой осцилляционной активности привлекают внимание многих исследователей [1]. Теоретический анализ этих механизмов проводится с помощью математических моделей с использованием современной теории бифуркаций. Учет неизбежно присутствующих случайных возмущений является важным разделом такого анализа.

В докладе рассматривается стохастический вариант модели Ли-Ринцеля [2,3] кальциевых колебаний. Уже исходные режимы детерминированной динамики существенно зависят от параметров концентрации инозитолтрифосфата и кальциевого насоса. Проведен бифуркационный анализ модели, описаны параметрические зоны равновесных и осцилляционных режимов, построены бассейны их притяжения и сепаратрисы, разделяющие эти бассейны. Дано вероятностное описание частотных и амплитудных характеристик кальциевых осцилляций в условиях параметрических случайных возмущений. Описаны механизмы стохастической возбудимости и генерации колебаний смешанных мод.

1. С. С. Шахиджанов и др., УФН, 189, 703-719 (2019).
2. Y.-X. Li, J. Rinzel, J. Theor. Biol., 166, 461-473 (1994).
3. M. De Pitta et al., Phys. Rev. E, 77, 030903(R) (2008).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ЦЕРИЯ НА РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЛИМФОСАРКОМЫ

Султанова Т.Р.[1], Вазиров Р.А.[1], Улитко М.В.[1, 2], Соковнин С.Ю.[1, 3]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] ГАУЗ СО «Институт медицинских клеточных технологий», г. Екатеринбург, Россия
[3)] ФГБУН Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: SerayaMishilda@yandex.ru

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CERIUM DIOXIDE NANOPARTICLES ON THE RADIOSENSITIVITY OF LYMPHOSARCOMA

Sultanova T.R.[1], Vazirov R.A.[1], Ulitko M.V.[1, 2], Sokovnin S.Yu.[1, 3]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, Ekaterinburg, Russia
[2)] Institute of Medical Cell Technologies, Ekaterinburg, Russia
[3)] Institute of Electrophysics of the UB RAS, Ekaterinburg, Russia

The ability of CeO2 nanoparticles to modify the radiosensitivity of rat lymphosarcoma cells was studied. According to the results of the experiment, the CeO2 nanoparticles caused an increase in the viability of cells under irradiation.

Рак является серьёзным заболеванием, которое ежегодно забирает жизни миллионов людей. Одним из методов борьбы с опухолевыми заболеваниями является радиотерапия, которая позволяет уничтожить злокачественные клетки. Однако ионизирующее излучение может также вызывать гибель и здоровых клеток. Поэтому весьма актуален поиск радиопротекторов для защиты нормальных клеток и радиосенсибилизаторов для увеличения эффективности лучевой терапии против раковых клеток [1].

Наночастицы CeO_2 представляют определенный интерес для исследования, поскольку они обладают ферментоподобными свойствами, которые могут проявится либо в цитопротекторном либо цитотоксическом действии [2,3].

Цель данного исследования - определить воздействие мезопористого нанопорошка CeO_2 на радиочувствительность культуры клеток лимфосаркомы крысы (RLC).

Для проведения эксперимента клетки культивировали в CO_2 инкубаторе при температуре 37°C в атмосфере 5% CO_2, с использованием питательной среды DMEM и добавлением 10% эмбриональной телячьей сыворотки. Мезопористый нанопорошок CeO_2 был получен с помощью установки НАНОБИМ-2 в Институте электрофизики УрО РАН методом испарения импульсным электронным пучком в газе низкого давления. Водные растворы наночастиц CeO_2 вносили в клеточные культуры в конечных концентрациях 20, 50, 100 и 200 мкг/мл.

Облучение клеток проводилось на установке для рентгенотерапии Xstrahl 300 (100-320 кэВ) в Свердловском областном онкологическом диспансере. Клетки

подвергались облучению квантами с граничной энергией 150 кэВ, в дозах 0,5, 5, 10 и 15 Гр. Часть клеток оставляли не облученной, чтобы определить, оказывают ли какое-либо действие сами наночастицы. По окончанию воздействия определялась жизнеспособность клеток.

По результатам эксперимента в целом не наблюдалось цитотоксического действия наночастиц CeO_2 на клетки лимфосаркомы.

Добавление наночастиц приводило к повышению жизнеспособности клеток при облучении. При малых концентрациях наночастиц данный эффект наблюдался для образов, облучаемых поглощенной дозой равной 0,5 и 5 Гр. Для образцов, облучаемых поглощенной дозой равной 10 и 15 Гр, радиопротекторные свойства проявлялись при большей концентрации наночастиц.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Чешского научного фонда в рамках научного проекта № 20-58-26002. Авторы признательны В.Г. Ильвесу за получение нанопорошков.

1. Щербаков А. Б., Жолобак Н. М., Иванов В. К., Третьяков Ю. Д., Спивак Н. Я., БІОТЕХНОЛОГІЯ, 4(1), 9–28, (2011).
2. Wason M. S., Zhao J., American journal of translational research, 5(2), 126–131, (2013).
3. Colon J., Herrera L., Smith J., Patil S., Komanski C., Kupelian P., Seal S., Jenkins D. W., Baker C. H., Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine, 5(2), 225–231, (2009).

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ, ОБРАБОТАННОЙ ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ, МЕТОДОМ ЭПР-СПЕКТРОМЕТРИИ

Тхорик О.В.[1], Меджидов И.М.[1]

[1)] ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии

E-mail: oxana.tkhorik@gmail.com

EVALUATION OF THE RADIATION SAFETY OF FOOD PRODUCTS TREATED WITH IONIZING RADIATION BY EPR-SPECTROMETRY

Tkhorik O.V.[1], Medzhidov I.M.[1]

[1)] Russian Institute Radiology and Agroecology

The paper considers the possibilities of using the EPR spectrometry method for the identification of irradiated products. The most qualitative assessment is made when analyzing samples containing cellulose or crystalline sugar.

Современный мир невозможно представить без радиационных технологий. Они применяются повсеместно от атомной энергетики до медицины. Одним из наиболее важных направлений радиационных технологий является обработка пищевой и сельскохозяйственной продукции ионизирующим излучением. Это позволяет увеличить сроки хранения продуктов питания, снизить микробиологическую обсемененность мясной и рыбной продукции [1], провести дезинсекцию сухофруктов, орехов, круп [2] и др.

Согласно рекомендациям МАГАТЭ одним из наиболее эффективных методов идентификации и оценки поглощенной дозы облученной продукции является метод электронного парамагнитного резонанса (метод ЭПР).

В основе метода лежит регистрация спиновых переходов неспаренных электронов на внешней орбитали молекул исследуемого объекта под воздействием электромагнитного поля. При переходе электрона с более низкого энергетического уровня на более высокий наблюдается резонансное поглощение, которое отображается на ЭПР-спектре в виде характерного пика (или набора пиков).

По амплитуде, ширине и площади данного пика можно провести оценку поглощенной продуктом дозы, а также идентифицировать облученную продукцию.

В работе [3] выявлена прямая зависимость амплитуды сигнала и обратная зависимость ширины пика от поглощенной дозы на примере охлажденной радужной форели, облучен-ной дозами 3-12 кГр. Аналогичные эффекты наблюдались и в других видах продукции (специях [4], свежих фруктах и сухофруктах [5]).

При рассмотрении статей по анализу облученной мясной и рыбной продукции [3], а так-же мякоти и косточек фруктов и сухофруктов [5] выяснилось, что

идентификацию лучевой обработки методом ЭПР эффективнее проводить на образцах тканей с большим содержанием целлюлозы (т.е. костных тканях при анализе мясной продукции; семенах и косточек при анализе фруктов и сухофруктов).

1. Ayari S., J. Han, K.D.Vu, M. Lacroix. Effect of Gamma Radiation, Individually and in Combina-tion with Bioactive Agents, on Microbiological and Physicochemical Properties of Ground Beef. // Food Control, 2016, Vol. 64, P.173-180.
2. Лой Н.Н., Гулина С.Н., Щагина Н.И., Миронова М.П. Влияние ионизирующих излучений на жизнеспособность насекомых-вредителей зерна и зернопродуктов. // Применение хими-ческих веществ, ионизирующих и неионизирующих излучений в агробоитехнологиях: сборник докладов XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Москва – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2016, С. 82-86.
3. Самохвалова Е.В., Тихонов С.Л., Тихонова Н.В. Перспективные физические способы уве-личения сроков годности продукции животного происхождения. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2019, Т.7, №1, С. 71-78.
4. Тимакова Р.Т., Тихонов С. Л., Тараркова А. Н., Вахнин Д. О. ЭПР спектроскопия пряностей // Вестник ВГУИТ. 2016, № 4, С. 187-193.
5. Mladenova R.B., Aleksieva, K.I., Nacheva, I.B. Effect of gamma irradiation on antiradical activity of goji berry fruits (Lycium barbarum) evaluated by EPR spectroscopy // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2019, Vol. 320,P. 569-575.

РЕПАРАТИВНАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ КОСТНОЙ ТКАНИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩИХ ТРАНСПЛАНТАТОВ

Усачёв В.А.[1], Арташян О.С.[1], Юшков Б.Г.[1, 2]

[1)] Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук

[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

E-mail: Usachjov-vova@mail.ru

THE REPARATIVE REGENERATION OF BONE TISSUE WITH THE APPLICATION OF COLLAGEN-CONTAINING GRAFTS

Usachev V.A.[1], Artashyan O.S[1], Yushkov B.G.[1, 2]

[1)] Institute of Immunology and Physiology 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 aim of this research was to study the regeneration of a bone with the application of collagen-containing grafts on the caudal vertebra model in rats. After 6 months using of fibrous autograft led to bone growth. The use of gelatin-based graft led to the formation of the scar and pseudoarthrosis.

При патологиях позвоночного столба, сопровождающихся разрушением тел позвонков, остро стоит вопрос о подборе материала для замещения костного дефекта. Фиброзный аутопротез, формируемый подкожно при внедрении инородного тела, ранее рассматривался в качестве материала для восстановления тканевых структур и показал положительный результат [1,2]. Желатин, является природным полимером - продуктом, получаемым из соединительной ткани кожи и костей животных. Целью данной работы являлось изучение репарации костной ткани при применении коллагенсодержащих трансплантатов (фиброзного аутопротеза и желатина) на примере хвостового позвонка крысы.

В эксперименте участвовало 16 крыс линии Wistar. Крысам проводили операцию по удалению третьего хвостового позвонка, который в экспериментальных группах был заменен фиброзным аутопротезом – группа «аутопротез» и желатиновым протезом – группа «желатин», по 5 особей в каждой. Крысам контрольной группы – «контроль» производили только удаление позвонка (6 особей). Животных выводили из эксперимента через 6 месяцев. Далее проводили гистологический анализ зоны регенерации позвонков. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программ «Microsoft Excel» и «STATISTICA».

Гистологический анализ зоны регенерации показывает сходную гистотопографию поврежденного участка во всех группах. От границы интактных позвонков к центру регенерата наблюдается рост костной ткани. Так же во всех группах отмечаются очаги остеогенеза в центральной части дефекта, не связанные с позвонками. Хрящевая ткань представлена в небольших количествах и быстро замещается костной.

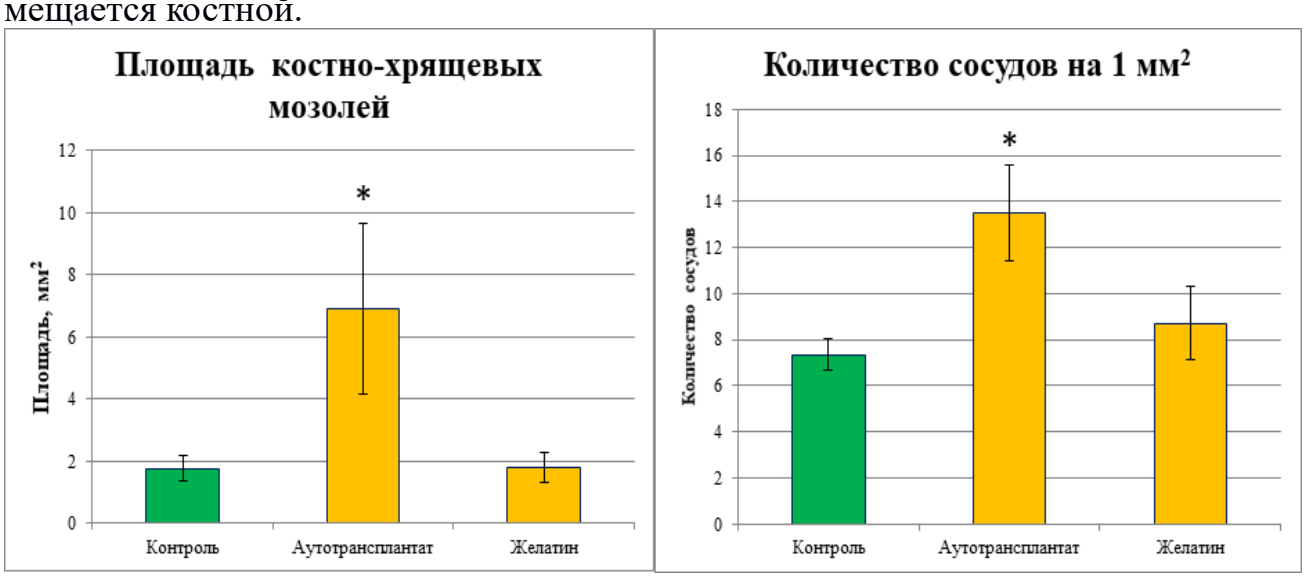


Рис. 1. Результаты морфометрических измерений (* – отличие от группы "Контроль" значимо при $p < 0,05$).

Центральная часть регенерата во всех группах представлена фиброзно-мышечным сращением. В группах "контроль" и "аутопротез" сращение представлено рыхлой соединительной и мышечной тканями. В группе «желатин» центр

дефекта представлен плотной оформленной соединительной тканью, идущей параллельно поверхности интактных позвонков, с небольшими участками мышечной ткани по периферии, происходит сжатие зоны дефекта и формирование ложного сустава.

В группе «аутопротез» выявлено значимое увеличение площади костно-хрящевых мозолей и плотности сосудистого русла по сравнению с другими группами, что свидетельствует об ускоренном образовании костной ткани при замещении дефекта фиброзным аутопротезом.

Результаты эксперимента показали, что через 6 месяцев после удаления хвостового позвонка не происходит полного замещения зоны дефекта костной тканью, центральная зона регенерата представлена фиброзно-мышечным сращением. Применение фиброзного аутопротеза вызывает ускоренный рост костной ткани, по сравнению с контрольной группой. Применение трансплантатов на основе желатина вызывает ускоренное формирование рубца с укорачиванием зоны дефекта и образованием сочленения по типу ложного сустава.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП ИИФ УрО РАН в рамках госзадания ИИФ УрО РАН (тема № АААА-А18-118020590108-7).

1. Тюменцева Н. В., Юшков Б. Г., Медведева С. Ю., Вестник трансплантологии и искусственных органов, Т. 18, С. 219, (2016).
2. Усачёв, В. А., Арташян, О. С., Котомцев, В. В., Сенькин, Г. С., & Солосина, Д. А., Acta Biomedica Scientifica, Т. 4, С. 162-165, (2019).

ОБЪЕДИНЕНИЕ НЕОДНОРОДНЫХ НАБОРОВ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММ

Байгильдин С.[1], Богданов М.Р.[1, 2], Ушенин К.С.[3, 4]

[1)] Башкирский государственный педагогический университет
[2)] Уфимский государственный авиационный технический университет
[3)] Институт Иммунологии и Физиологии Уральского отделения Российской академии наук
[4)] Уральский федеральный университет
E-mail: konstantin.ushenin@urfu.ru

UNION OF ELECTROCARDIOGRAM HETEROGENEOUS DATASETS

Baigildin S.[1], Bogdanov M.R.[1, 2], Ushenin K.S.[3, 4]

[1)] Bashkir State Pedagogical University
[2)] Ufa State Aviation Technical University
[3)] Institute of Immunology and Physiology of UrB RAS
[4)] Ural Federal University

This study describes an approach for joining together several datasets of electrocardiograms with different sets of labels for expert markup. The proposed approach replaces the original markup of the dataset to make labels more consistent with the modern classification of cardiac diseases.

Данные электрокардиографии могут быть успешно обработаны с помощью методов машинного обучения. При этом для обучения метода требуется большое количество примеров. Открытые базы биологических сигналов [1] предоставляют множество наборов электрокардиограмм. Однако, объединение этих наборов вместе представляет сложную задачу, так как разметка данных на классы не согласована между наборами биологических сигналов и не совпадает с существующими классификациями заболеваний сердца. В нашем исследовании мы предлагаем новую разметку данных для нескольких популярных наборов данных. Наш подход позволяет объединить несколько наборов данных в один большой с целью дальнейшего его использования для обучения алгоритмов. Для каждого набора данных по отдельности и для объединенного набора данных мы расчитали индексы вариабельности ритма с целью продемонстроровать эффект объединения данных с точки зрения физиологически значимых критериев. Так же мы обучили на объединенном наборе данных нейронную сеть, которая решала задачу классификации электрокардиограмм.

1. Goldberger A. L. et al. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: components of a new research resource for complex physiologic signals //circulation. – 2000. – Т. 101. – №. 23. – С. e215-e220.

БИОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НИЗКОЧАСТОТНОЙ МАГНИТОТЕРАПИИ

Волобуев А.П.[1], Усков Е.Д.[2], Волобуев П.В.[2]

[1)] МБУ Центральная городская клиническая больница №6, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: uskov-evgeny@yandex.ru

BIOPHYSICAL PROBLEMS OF LOW-FREQUENCY MAGNETOTHERAPY

Volobuyev A.P.[1], Uskov E.D.[2], Volobuyev P.V.[2]

[1)] Central Municipal Clinical Hospital #6, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Of the discussed mechanisms of the magnetic field influence, a special place is occupied by those having a direct effect on the cells functions. There is non-equilibrium magnetochemical reactions in biological systems. The influence of the induced electric field on the membrane potential is allowed.

Электромагнитные поля повсеместно используются в физиотерапии. При низких частотах (< 1 КГц) электрическая составляющая ЭМП не проникает в клетку, экранируется мембраной. Эффект воздействия определяется магнитной составляющей поля по отношению к которой биообъекты являются прозрачными. Использование низкочастотных полей представляет немедикаментозный метод лечения – магнитотерапию.

Проблема механизмов слабых воздействий таких полей, сопоставимых с КТ, на фоне тепловых возмущений среды является предметом теоретических исследований. Анализируются различные первичные механизмы магниторецепции. Тем не менее магнитотерапия в значительной мере базируется на эмпирических данных.

Из обсуждаемых механизмов воздействия низкочастотных ЭМП особое место занимают такие, которые могут непосредственно влиять на функции биологических клеток. В их числе те, которые обусловлены неравновесными магнитохимическими реакциями и индуцированными электрическими полями.

В биологических системах существует множество реакций, проходящих через стадию неравновесного промежуточного состояния радикальных пар, обусловленного спиновой подсистемой. Проблема КТ для них не существует.

Во внешних магнитных полях имеет место эффект Зеемана, сверхтонкое внутреннее поле, добавляясь к внешнему, создает разность частот прецессии спиновых моментов электронов радикальных пар, стимулируя периодические S-T переходы. Их частота (вероятность реакции) зависит от индукции внешнего поля. При индукции порядка 100 мТл эта частота соответствует времени жизни пары ~10^{-9}[1].

Магнитно-спиновая эффективность может проявляться в частности в различных окислительно-восстановительных реакциях. В их числе реакции, обеспечивающие клеточное дыхание: в цикле трикарбоновых кислот (цикле Кребса) и гликолиза, на что указывают экспериментальные данные.

Имеется тесная сопряженность клеточного дыхания и метаболизма. Активация неравновесного обмена веществ, осуществляемого клеткой с межклеточной жидкостью при воздействии магнитного поля обусловлена влиянием индуцированного электрического поля на мембранный потенциал, в том числе посредством вихревых токов. В клинической практике такие токи достигают порядка 10^{-1} А/м^2, что сопоставимо с величиной воротных токов для одиночных Na^+ ионных каналов клетки.

Общепринятые различия клеточного дыхания и метаболизма здоровых и опухолевых клеток. В здоровых – цикл Кребса, в опухолевых – анаэробный гликолиз. Деполяризация мембранного потенциала является значимым отличием опухолевых клеток от здоровых [2].

В соответствии с особенностями функций здоровых и опухолевых клеток результаты прямого нетеплового воздействия на них низкочастотным магнитным полем различаются [3].

1. А.Л. Бучаченко, Р.З. Сагдеев, К.М. Салихов, Магнитные и спиновые эффекты в химических реакциях, 296 (1978).
2. M. Yang, W. J. Brackenbury, FrontPhysiol, 4:185 (2013).
3. Ю.Л. Рыбаков, Медицинская физика,Т.16, Вып.4, 66-84 (2002).

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ БАНАНОВ

Ужнева В.А.[1], Баранова А.А.[1], Селезнева И.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: uzh.va@yandex.ru

RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF BANANAS' RADIATION TREATMENT

Uzhneva V.A.[1], Baranova A.A.[1], Selezneva I.S.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Bananas were exposed to three different doses from the range of 0.5-3 kGy of beta irradiation to find out, which dose is the most effective to delay ripening process, reduce the decay and inhabit the microbial growth.

Среди всех импортируемых в нашу страну продуктов питания наибольшим потребительским спросом пользуются бананы. При перевозке фрукта нужно обязательно соблюдать все правила перевозки скоропортящейся продукции: зрелые, грязные и гнилые плоды перевозить запрещено, обязательное соблюдение температурного режима, при перевозке необходимо продукт защитить от загрязнений. При несоблюдении установленных правил есть вероятность порчи фрукта из-за быстрого процесса созревания и гниения за счет появления различных микроорганизмов или грибков. Товар может быть изъят на пути следования еще до момента выкладывания на прилавок. Поставщики и производители вынуждены искать новые альтернативные решения обработки продукта.

Одним из наиболее действенных способов дезинфекции продуктов питания, продления срока годности, при этом к экологически чистым относится обработка ионизирующим излучением. Главным критерием выбора доз является не превышение дозиметрических норм в целях сохранения органолептических и вкусовых свойств продукта. При радуризации дозами от 0,5 до 3 кГр [3] можно добиться продления срока годности бананов за счет сокращения численности микроорганизмов. Для облучения фрукта в качестве источников излучения используют гамма-излучение от изотопов кобальта 60 или цезия 137; рентгеновское излучение, генерируемое установками с энергией до 5 МэВ; бета-излучение, генерируемое ускорителем с энергией до 10 МэВ. При лучевой обработке продукты сохраняют свою первоначальную свежесть и физическое состояние путем снижения количества микроорганизмов и грибков, что позволяет увеличить сроки годности продукта.

В данной работы рассмотрено влияние бета излучения линейкой доз 0,5 - 3 кГр с целью изучения микробного состава при радиационной обработке, сроков созревания, процента порчи фрукта. Полученные результаты анализируются по

двум критериям: внешний вид (созревание и гниение бананов) и микробный состав. Было отмечено, что с ростом дозы число микроорганизмов заметно сокращается, однако товарный вид бананов сохраняется дольше при меньших дозах. Помимо этого, определено содержание в бананах цезия-137 и калия-40.

1. Gamal A. Mohamed, Gihan A. Mahmoud. Effect of Gamma Radiation on Microbial Load and Chemical Constituents of Banana Fruits Stored Under Different Temperatures. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 6(4): 431-442 (2010).
2. R. Abdullah, H. Qaiser, A. Farooq, A. Kaleem, M. Iqtedar, M. Aftab, S. Naz. Evaluation of microbial potential and ripening behavior of preclimacteric bananas following gamma irradiation. Bioscience Journal 33(1): 57-65 (2017).
3. Г.В. Козьмин, Н.И. Санжарова, И.И. Кибина, А.Н. Павлов. Развитие рынка радиационных технологий в агропромышленном комплексе Российской Федерации. Вестник Российской академии естественных наук 4: 25 (2015).

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИКРОИНСТРУМЕНТОВ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МАНИПУЛЯЦИЙ С КЛЕТОЧНЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Власова А.А.[1], Иванова И.Г.[2], Тюменцева Н.В.[1], Храмцова Ю.С.[1]

[1)] Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия
[2)] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: vlasova.9@mail.ru

METHODOLOGICAL ASPECTS OF CONVENIENT MICROTOOLS MANUFACTURING FOR CELL CULTURES MANIPULATING

Vlasova A.A.[1], Ivanova I.G.[2], Tyumentseva N.V.[1], Khramtsova Y.S.[1]

[1)] Russia Institute of Immunology and Physiology, UB RAS, Ekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

This paper presents a step-by-step plan for the manufacture of retention and injection microtools for conducting micropanipulations on various cell lines.

В настоящее время огромное внимание направлено на развитие методов клеточной и генной инженерии, генетики, биологии развития, которые занимаются изучением вопросов дифференцировки и развития клеток, взаимодействия ядра и цитоплазмы, проведения тонких операций на клетках, пересадки ядер с целью получения клонов, исследованием механизмов трансдифференцировки клеток, влияния генов на наследственность и т.д. [1-3]. Для проведения различных манипуляций с клеточными культурами необходимы качественные микроинструменты различных параметров.

Микроинструменты для микроманипуляций на клетках, как правило, делает сам исследователь, ориентируясь на поставленные цели и задачи работы. Для наших исследований изготовление микроинструментов удерживающего и инъекционного типа проводили из стеклянных капиллярных трубок с внешним диаметром 1 мм и внутренним диаметром 0,5-0,8 мм. Боросиликатное стекло, из которого сделаны капилляры, содержит кремний, который предотвращает потенциальную адгезию биологических объектов.

Для изготовления базового набора инструментальных средств, который позволил бы снизить риск нанесения нерепарируемых повреждений клеткам и с помощью которого можно проводить большинство видов известных операций на клетке, был разработан поэтапный план работы (Рис. 1).

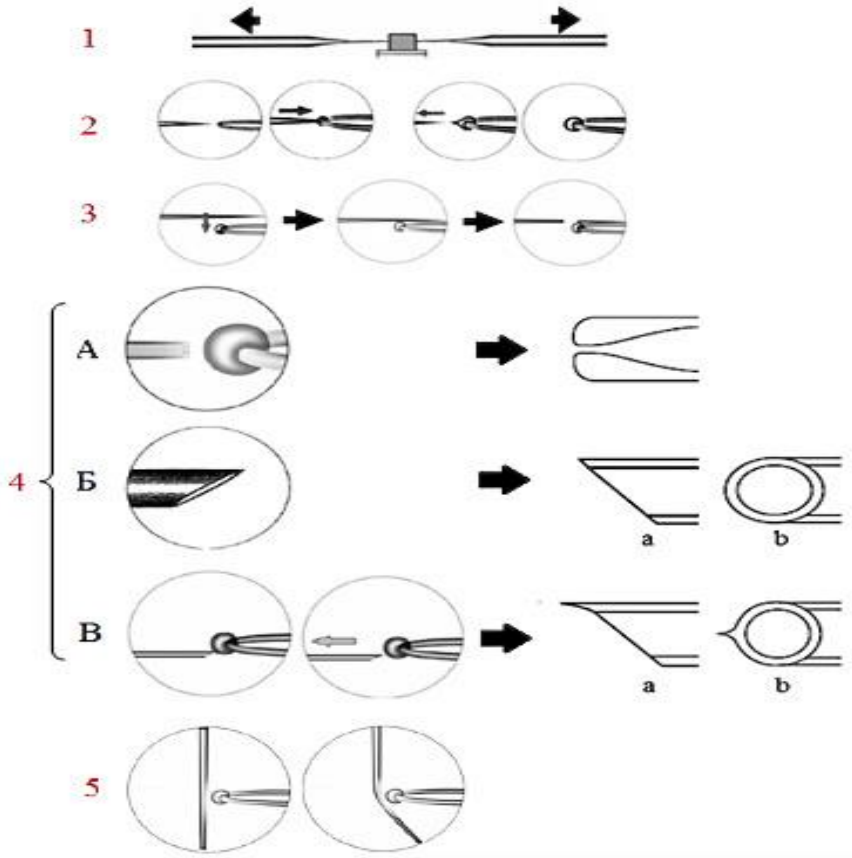


Рис. 1. План изготовления различных видов микроинструментов.

На 1 этапе проводили вытягивание стеклянных капилляров с помощью пуллера Needle Pipette Puller Model 730 (Рис. 1.1). Далее формировали стеклянный шарик на нагревательной нити микрокузницы MF-900 Microforge (Рис. 1.2). На следующем этапе проводили разрезание вытянутых стеклянных заготовок на микрокузнице (Рис. 1.3) и формообразование кончиков определенных типов микроинструментов: формообразование кончика удерживающей микропипетки путём её оплавления (Рис. 1.4. А); формообразование кончика инъекционной микропипетки без шипа путём её шлифовки на станке EG-400 Microgrinder (Рис. 1.4.

Б); формообразование кончика инъекционной микропипетки с шипом с помощью стеклянного шарика на нагревательной нити микрокузницы (Рис. 1.4. В). На заключительном этапе формировали угол наклона микропипетки (Рис. 1.5).

В ходе исследовательской работы по разработанному плану был изготовлен набор микроинструментов и апробирован на клеточных линиях: фибробласты кожи человека и клетки линии Hela.

Работа выполнена в рамках госзадания ИИФ УрО РАН (тема № АААА-А18-118020590108-7).

1. T. A. Schneider, V. S. Fishman, M. A. Liskovykh, S. V. Ponamartsev, O. L. Serov, A. N. Tomilin, N. Alenina, J. Cytology 56, 869-880 (2014).
2. J. B. Gurdon, J. A. Byrne, Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 100, 8048-8052 (2003).
3. M. Ieda, J.D. Fu, P. Delgado-Olguin, V. Vedantham, Y. Hayashi, B. G. Bruneau, D. Srivastava, Cell 142, 375-386 (2010).

РЕАЛИЗАЦИЯ КВАЗИ-ИЗОМЕТРИЧЕСКОГО РЕЖИМА СОКРАЩЕНИЯ ОДИНОЧНОГО КАРДИОМИОЦИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ЦИФРОВОГО МИКРОМАНИПУЛИРОВАНИЯ

Волжанинов Д.А.[1], 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

THE IMPLEMENTATION OF THE QUASI-ISOMETRIC CONTRACTION MODE OF A SINGLE CARDIOMYOCYTE USING A DIGITAL MICROMANIPULATION SYSTEM

Volzhaninov D.A.[1], Khokhlova A.D.[1, 2]

[1)] Institute of Immunology and Physiology, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The study presents an experimental approach to study quasi-isometric contractions of single cardiomyocytes using a digital micromanipulation system and carbon fiber technique.

Для изучения биомеханики сердца на уровне одиночной мышечной клетки – кардиомиоцита, необходимо исследовать поведение клетки в условиях, приближенных к условиям ее сокращения in vivo. Одним из важных режимов работы

сердца, обеспечивающий необходимое для выброса крови давление в полости желудочка, является изоволюмический режим сокращения (без изменения объема полости желудочка). На одиночном кардиомиоците данный режим можно сымитировать реализацией изометрического режима сокращения (без изменения длины клетки).

Цель данной работы – реализация изометрического режима сокращения кардиомиоцита с использованием системы цифрового микроманипулирования.

Удержание концов кардиомиоцита с целью контроля длины клетки и расчёта развиваемой силы проводилось в данной работе с использованием методики четырёх карбоновых волокон [1,2]. Для управления положением карбоновых волокон использовалась цифровая система микроманипулирования (Sensapex Triple Axis uMp System, Финляндия) и оригинальный программный комплекс, разработанный в среде LabVIEW. Положения карбоновых волокон определялись при помощи системы оптического контроля (IonOptix, США).

Для реализации изометрического сокращения кардиомиоцита использовалась методика, предложенная Iribe et al., 2007. Методика была модифицирована под особенности используемой цифровой системы микроманипулирования, поддерживающей только линейное перемещение манипулятора без возможности подачи на него нелинейного сигнала.

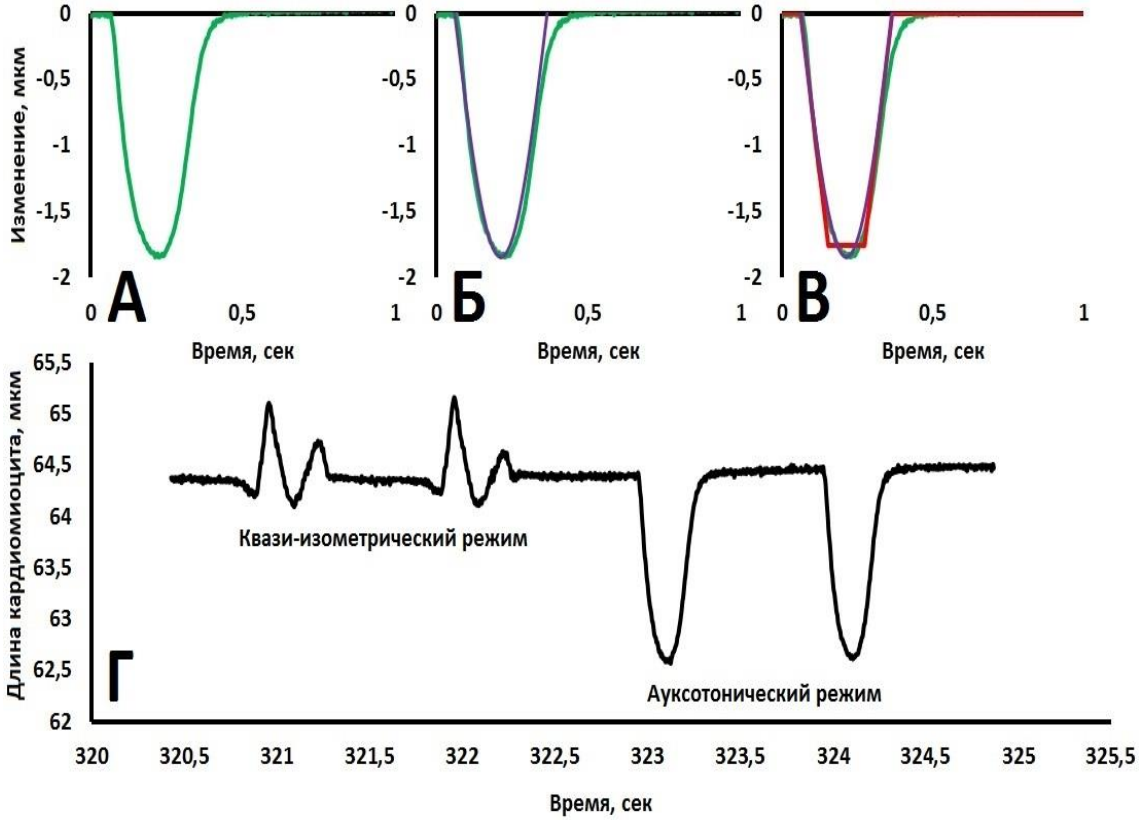


Рис. 1. А – усредненное нормированное изменение длины кардиомиоцита в ауксотоническом режиме сокращения при частоте стимуляции 1 Гц; Б – аппроксимация нормированного сокращения синусоидой; В – аппроксимация синусоиды равнобедренной трапецией; Г – квази-изометрический режим.

При помощи системы оптического контроля регистрировали длину клетки в процессе динамически неконтролируемого (ауксотонического) режима сокращения. Усредненный сигнал изменения длины кардиомиоцита (Рис. 1.А) мы аппроксимировали синусоидой (Рис. 1.Б), а затем полученную синусоиду аппроксимировали равнобедренной трапецией (Рис. 1.В). Для этого ЦАП порт вывода блока сбора данных системы оптического контроля был запрограммирован на передачу значения длины клетки аналоговым напряжением в заданном диапазоне. В программный комплекс управления манипуляторами добавлена возможность получить данные с внешнего АЦП порта ввода. Был добавлен программный код, осуществляющий усреднение сигнала длины клетки и расчёт аппроксимирующей трапеции. Константа оптимальной аппроксимации трапецией синусоиды была рассчитана ранее через сравнение перекрывающихся площадей. Рассчитанная трапеция инвертировалась и подавалась с необходимым коэффициентом усиления как управляющий сигнал на микроманипуляторы для компенсации изменения длины кардиомиоцита в ходе сокращения. Были проведены пробные эксперименты, показавшие успешную реализацию квази-изометрического режима сокращения кардиомиоцита (рис. 1.Г).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-31-90106 и темы ИИФ УрО РАН №АААА-А19-119070190064-4.

1. Volzhaninov D. and Khokhlova A. AIP Conference Proceedings 2313, 080033 (2020)
2. Iribe G., Kaneko T., Yamaguchi Y., Naruse K., Prog. Biophys. Mol. Biol., 115 (2-3), 103-114 (2014).

ИЗУЧЕНИЕ БИОФИЗИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ВОСПРИЯТИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА

Юнусов В.А.[1], Демин С.А.[1], Панищев О.Ю.[1]

[1)] Казанский федеральный университет, г. Казань, Россия

E-mail: valentin.yunusov@gmail.com

THE STUDY OF BIOPHYSICAL MECHANISMS OF INFORMATION PERCEPTION USING CORRELATION ANALYSIS

Yunusov V.A.[1], Demin S.A.[1], Panischev O.Y.[1]

[1)] Kazan Federal University, Kazan, Russia

In this paper we analyse EEG signals of artists and non-artists during perception of visual information. We discover alterations in bioelectric activity in different areas of the cerebral cortex for two groups of subjects. Besides that, we observe different types of brain activity in these groups.

Человеческий мозг является сложным биологическим объектом, в котором проявляются коллективные явления и корреляционные эффекты между составляющими его частями. Для определения характера и интенсивности взаимодействий используются различные методы: анализ сигналов электроэнцефалограмм (ЭЭГ), магнитоэнцефалограмм (МЭГ), исследование записей функциональной магнитной томографии головного мозга человека и другие.

Кроме того, известно, что определенные когнитивные процессы могут в долгосрочной перспективе влиять на работу головного мозга [1]. В настоящее время активно проводятся исследования механизмов таких изменений, чему способствует значительный прогресс в технологической и программной составляющей части инструментов анализа. Наиболее ярких результатов здесь удалось достичь благодаря методам статистического анализа биомедицинских данных: изучение корреляционных и спектральных характеристик, применение методов машинного обучения [2, 3].

В данной работе для двух групп испытуемых: 10 художников со степенью магистра и 10 волонтеров без художественного образования (контрольная группа) были проанализированы записи ЭЭГ во время выполнения задач зрительного восприятия и мысленного образа. Электроды были расположены в соответствии с международной схемой размещения электродов «10-20 %». Запись сигналов производилась в состоянии покоя в течение 90 секунд [4].

На первом этапе для двух групп испытуемых были определены средние значения коэффициента кросскорреляции и установлены сочетания электродов, для которых различия в группах проявляются в наибольшей степени. Для задачи зрительного восприятия такими стали сочетания электродов: Fp2-P3, Fp1-Pz, P3-T6, F7-O1, Fp1-T5, F7-Pz, F7-C4. Для задачи мысленного образа были выделены пары электродов: F8-T3, F3-Pz, F7-T5, F8-T6, Fp2-T5, Fp2-T6, Fp1-O2.

На втором этапе были определены типичные представители обеих групп для дальнейшего кросскорреляционного анализа в рамках формализма функций памяти [5]. Для установления спектральных типов анализируемых сигналов было проведено исследование частотных зависимостей функций памяти для двух групп людей при выполнении когнитивных задач. Обнаружено, что при выполнении когнитивных задач у всех испытуемых возникает α-активность (9-11 Гц). Установлено, что у представителей контрольной группы испытуемых (нехудожников), в отличие от группы художников, при выполнении задачи зрительного восприятия проявляется высокочастотный β-ритм (32 Гц). При выполнении задачи мысленного образа β-активность возникает в обеих группах: в группе художников проявляется высокочастотный β-ритм (28 Гц); в контрольной группе – более низкочастотный β-ритм (20 Гц).

Представленные результаты кросскорреляционного анализа после более широкой верификации могут быть использованы для определения прогресса развития когнитивных художественных способностей человека.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 20-12-00105).

1. M. C. Cheung, A. S. Chan, Y. Liu, D. Law and C. W. Wong, PLoS One 12, Iss. 3, e0174906 (2017).
2. S. Karkare, G. Saha and J. Bhattacharya, Chaos Solitons Fractals 42, Iss. 4, 2067–2073 (2009).
3. R. Batt, M. Palmiero, C. Nakatani and C. van Leeuwen, Perception 39, Iss. 12, 1659–1671 (2010).
4. J. Bhattacharya and H. Petsche, Cogn. Brain Res. 13, 179–186 (2002).
5. O.Y. Panischev, S.A. Demin and J. Bhattacharya, Physica A 389, Iss. 21, 4958–4969 (2010).

ВЛИЯНИЕ ДОПИРОВАНИЯ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦЕРИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ НА КАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ

Зафирова М.И.[1], Мышкина А.В.[1], Бажукова И.Н.[1], Бакшеев Е.О.[1], Машковцев М.А.[1], Пальцева Л.М.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: maria.02.01@yandex.ru

EFFECT OF CERIUM OXIDE NANOPARTICLES DOPING WITH RARE EARTH ELEMENTS ON CATALYTIC ACTIVITY

Zafirova M.I.[1], Myshkina A.V.[1], Bazhukova I.N.[1], Baksheev E.O.[1], Mashkovtsev M.A.[1], Paltseva L.M.[1]

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

The effect of cerium oxide nanoparticles doping with erbium and samarium ions on the redox properties was studied. Rare earth doped CeO_2 nanoparticles exhibit higher catalase enzyme-like activity. Among doped samples, the erbium-doped CeO_2 nanoparticles demonstrated the highest catalytic activity.

Наночастицы оксида церия CeO_2 являются перспективным соединением для клинической медицины, так как этот материал отличается уникальной окислительно-восстановительной цикличностью между состояниями окисления Ce^{3+} и Ce^{4+} на поверхности частиц. Благодаря этому наночастицы CeO_2 могут быть использованы для терапии различных хронических заболеваний, обусловленных окислительным стрессом клеток и тканей [1-2]. Вследствие наличия в литературе противоречивых результатов по токсичности и биологической активности наночастиц CeO_2 в последнее время все большое внимание уделяется установлению взаимосвязей между физико-химическими свойствами CeO_2 и проявляемыми биологическими эффектами [3]. Одними из ключевых факторов, обусловливающих биологическую активность наночастиц CeO_2, принято считать соотношение Ce^{3+}/Ce^{4+} на поверхности частицы, концентрацию кислородных вакансий и подвижность кислорода в кристаллической решетке. Одним из наиболее эффективных методов модификации кислородной нестехиометрии с целью увеличения доли ионов Ce^{3+} и кислородных вакансий является легирование. Кристаллическая решетка оксида церия толерантна к допированию в широком интервале концентраций катионами практически всех редкоземельных и ряда щелочноземельных элементов.

Целью данной работы является исследование влияния допирования наночастиц оксида церия редкоземельными элементами на проявляемые окислительно-восстановительные свойства. Наночастицы CeO_2 были получены химическим

методом осаждения, стабилизированы полисахаридной оболочкой из мальтодекстрина и допированы редкоземельными ионами эрбия и самария (1, 5 и 10 мол.%). Исследование структуры, свойств и каталитической активности наночастиц проводили методами электронной микроскопии, люминесцентной и оптической спектроскопии.

Результаты исследования показали, что допированные наночастицы CeO_2 проявляют более высокую каталазную ферментоподобную активность. Вероятно, это обусловлено модификацией поверхности наночастиц и образованием кислородных вакансий в результате встраивания ионов допантов. Среди допированных образцов наибольшую каталазную миметическую активность продемонстрировали наночастицы CeO_2, содержащие ион эрбий, что соответствует литературным данным. Допирование наночастиц CeO_2 самарием Sm (металл, сходным с эрбием Er по валентности и окислительно-восстановительному состоянию) ослабляет как антиоксидантную, так и антиапоптотическую способность в отношении клеток макрофагов человека [5]. Данный факт может свидетельствовать в пользу того, что легирование этим ионом приводит к модификации поверхности наночастиц без участия кислородных вакансий. Таким образом, можно сделать вывод, что допирование наночастиц CeO_2 является один из наиболее эффективных методов модификации поверхности с целью управления окислительно-восстановительными свойствами материала.

1. Nelson B. C. et al. Antioxidants, 5(2), 15 (2016).
2. Dhall A., Self W. Antioxidants, 7(8), 97 (2018).
3. Caputo F. et al. Scientific reports, 7(1), 1-13 (2017).
4. Woan K., Tsai Y. Y., Sigmund W. Nanomedicine, 5(2), 233-242 (2010).
5. Celardo I. et al. ACS nano. –. – Т. 5. – №. 6. – С. 4537-4549.

РАСПОЗНАВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПРОСТЕЙШИХ ОРГАНИЗМОВ НА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИИ

Мелких А.В.[1], Зарецкая Е.С.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия. E-mail: liza_zar_06@mail.ru

E-mail: liza_zar_06@mail.ru

MOTION REGCOGNITION OF SIMPLE ORGANISMS ON VIDEO IMAGE

Melkikh A.V.[1], Zaretskaya E.S.[1]

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

The article presents the results of the study of preprocessing methods used in the recognition of objects and actions on images and videos. The methods most suitable for working with the movement of the simplest organisms have been selected.

Одной крайне трудоемкой деятельностью, требующей длительного и пристального внимания человека, является процесс наблюдения за животными, на которых проходит опытное испытание препаратов, либо которые подвергаются наблюдению по иной причине. В частности, одним из наиболее трудозатратных процессов является наблюдение за простейшими организмами.

Изучение простейших организмов происходит только в лабораторных условиях с использованием большого количества оборудования. На данный момент этот процесс реализуется привлечением человеческих ресурсов.

С использованием успеха, достигнутого в обработке и распознавании человеческих движений на видеозаписях в существующих работах, постепенно осуществляются попытки переноса этих результатов на движения и других объектов.

Цель работы заключается в исследовании методов автоматизированного распознавания движений простейших организмов. Проанализировав методы предварительной обработки данных, используемые при распознавании объектов и действий на изображениях и видеозаписях [1], выбраны методы, наиболее подходящие для работы с движением простейших организмов, в частности, метод распознавания объекта по характерным точкам [2].

Ведется проектирование модели, реализующей подготовку видеоматериала и распознавание движений наблюдаемого объекта на видеозаписи с использованием существующих алгоритмов.

Анализ видеоизображения будет произведен на примере охоты хищного червя турбеллярии (лат. Turbellaria) на коловратку (лат. Rotifera).

Турбеллярии относятся к классу ресничных червей, которым характерны следующие признаки:

1. Тело их покрыто ресничками, согласованное движение которых обеспечивает плавное передвижение в пространстве.

2. У ресничных червей имеется особый орган равновесия - статоцист, в виде пузырька с плотным свободным ядрышком внутри. Этот орган позволяет червю ориентироваться в пространстве.

Данные признаки определяют то, что движение хищного червя плавные и сосредоточены в определенном направлении, это облегчает анализ видеоизображения, поскольку не будет резких скачков в положении бактерии и непроизвольной смены направления.

Разработав тестовый образец программного средства, реализующий данную модель, будет произведено исследование результатов работы для подтверждения целесообразности использования данного продукта при изучении простейших организмов.

1. Локтев Д.А. Разработка и исследование методов определения параметров статичных и движущихся объектов в системе мониторинга: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.17. - М., 2015.
2. Yun Q. Shi, Huifang Sun. Image and video compression for multimedia engineering: Fundamentals, algorithms, and standards. - 2 изд. 2017.

ВЛИЯНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ МАЛЫМИ ДОЗАМИ НА МИКРООРГАНИЗМЫ ЗАКВАСОК ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЙОГУРТА

Журавлева Д.А.[1], Селезнева И.С.[1], Вазиров Р.А.[1], Баранова А.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: daryazhuravleva797@gmail.com

THE INFLUENCE OF LOW-DOSE X-RAY IRRADIATION ON THE MICROORGANISMS OF STARTER CULTURES FOR YOGURT PRODUCTION

Zhuravleva D.A.[1], Selezneva I.S.[1], Vazirov R.A.[1], Baranova A.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The article considers the influence of ionizing radiation at doses of 30 and 50 cGr on the functional properties of probiotic microorganisms. The possibility of using irradiated starter cultures to reduce the duration of yogurt fermentation is being studied.

Йогурт – наиболее популярный из кисломолочных продуктов на сегодняшний день. Йогурт славится на весь мир своими полезными свойствами, поскольку содержит полезные биологически активные соединения и микроорганизмы. По их концентрации йогурт является чемпионом среди молочных продуктов [1].

Однако производство йогурта – длительный технологический процесс. Самой продолжительной стадией производства йогурта является стадия сквашивания

молока закваской. Интересны исследования в области разработок заквасок с повышенными активностью и сквашивающими способностями. Одним из стимулирующих активность микроорганизмов факторов является действие ионизирующего излучения. Уже изучено стимулирующее действие ионизирующего излучения дозой 10 сГр на дрожжевую культуру штамма Saccharomyces cerevisiae [2].

Целью настоящего исследования являлось изучение влияния ионизирующего излучения дозами 30 и 50 сГр на функциональные свойства заквасочных микроорганизмов, сравнение показателей качества йогуртов, приготовленных на основе контрольной и облученных заквасок. В качестве объекта исследования была использована закваска для йогурта, содержащая молочнокислые бактерии, термофильный стрептококк и бифидобактерии. В ходе исследования закваски облучали поглощенными дозами 30 и 50 сГр. В качестве источника ионизирующего излучения использовалась медицинская рентгеновская трубка xstrahl 320 с энергией фотонного излучения 150 кэВ. Варьирование поглощенной дозы осуществлялось при помощи изменения длительности экспозиции. Определение поглощённой дозы производилось с помощью термолюминесцентных дозиметров ТЛД-500. Установлено, что облучение заквасок ионизирующим излучением дозами 30 и 50 сГр приводит к снижению количества колониеобразующих единиц в закваске, но, вместе с тем, к активации кислотообразующей и сквашивающей способностей микроорганизмов. Облученные закваски способствуют образованию хорошего сгустка, при хранении йогурты, полученные на основе облученных заквасок не закисляются.

1. Горбатова К. К., Гунькова П. И., Химия и физика молока и молочных продуктов, ГИОРД (2012)
2. Баранова А. А., Агданцева Е. Н., Бажукова И. Н., Кротовских О. И., Вазиров Р. А., Вопросы радиационной безопасности, 3, 78-85 (2018)

ОБЗОР МЕТОДОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ РАСТЕНИЙ НА ЗЕМЛЕ

Зудихина Ю.А.[1], Смирнов А.А.[2]

[1)] НПО автоматики имени академика Н. А. Семихатова
[2)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Россия

E-mail: ya.juliaz2012@mail.ru

OVERVIEW OF METHODS ON PLANTS DETECTION ON GROUND

Zudikhina J.A.[1], Smirnov A.A.[2]

[1)] Scientific and Production Association of automatics named after academician N.A.Semikhatov
[2)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Accurate and fast plants detection on ground is a necessary module is a key part in automatic water or fertilizer systems. It was developed a number of computer vision algorithms to set plants location. The research aim is to select the best method for plants detection on ground.

Системы компьютерного зрения по поиску растений, производящие идентификацию по виду, заболеванию или выполняющие картирование поля, имеют в своей основе алгоритм по детектированию растительности. На сегодняшний день существует уже много методов по детектированию растений, но не проводится сравнительных исследований применяемых алгоритмов с обоснованием выбора для конкретной задачи. В докладе приводится обзор и сравнение наиболее популярных методов компьютерного зрения для детектирования растительности с целью ускорения выбора нужного метода у разработчика. Рассматриваются различные инструменты и алгоритмы для выделения области, содержащей участки с растением, от общего фона (земли). Такие как библиотека PlantCV, а также предварительно обученные сверточные нейронные сети Unet (сегментация) и MobileNet.

Работа алгоритмов выполнялась на базе данных, состоящей из 60 фотографий с несколькими рядом расположенными растениями. Изображения взяты из сети Интернет.

PlantCV основана на цветовой обработке изображения, включающей в себя анализ цветовой гаммы изображения, нормализацию, извлечение нужной области (маскирование), включающей одно или несколько растений, а также инструменты нахождения границ ориентиров для определения морфометрических признаков растения. На Рисунке показан пример обработки изображения для отделения растений.

Сверточные нейронные сети Unet и MobileNet обучены на готовой базе данных изображений, состоящей из фотографий растений на фоне земли и тех же самых изображений, но у которых интересующая область закрашена одним цветом.

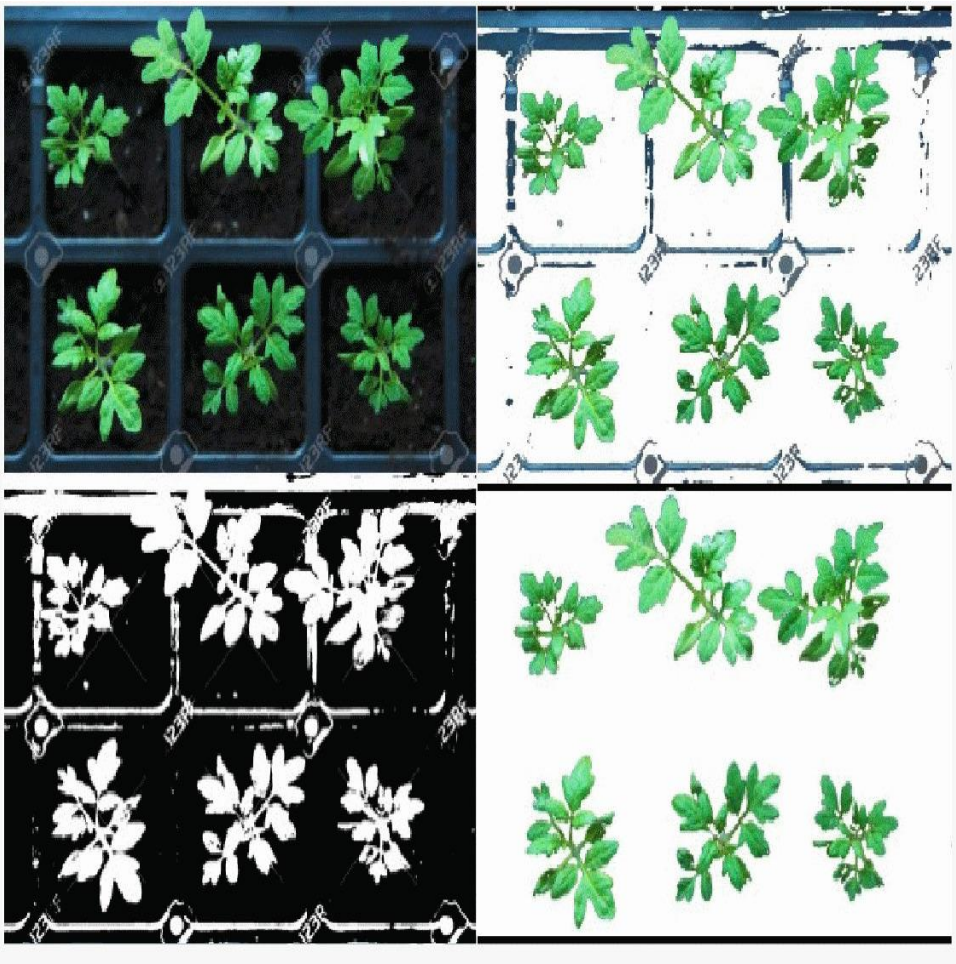


Рис. 1. Пример обработки изображения для извлечения участков с растениями алгоритмом PlantCV.

Сравнение проводилось по качеству отделенных областей с растениями, скорости обработки кадра и по универсальности интеграции в системы детектирования.

1. Gehan (Dong), Malia & Fahlgren, Noah & Abbasi, Arash & Berry, Jeffrey & Callen, Steven & Chavez, Leonardo & Doust, Andrew & Feldman, Max & Gilbert, Kerrigan & Hodge, John & Hoyer, J. & Lin, Andy & Liu, Suxing & Lizarraga, Cesar & Lorence, Argelia & Miller, Michael & Platon, Eric & Tessman, Monica & Sax, Tony. (2017). PlantCV v2: Image analysis software for high-throughput plant phenotyping. PeerJ. 5. e4088. 10.7717/peerj.4088.
2. Milioto, A.; Lottes, P.; Stachniss, C. Real-Time Semantic Segmentation of Crop and Weed for Precision Agriculture RobotsLeveraging Background Knowledge in CNNs. In Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Robotics andAutomation (ICRA), Brisbane, QLD, Australia, 21–25 May 2018; pp. 2229–2235 (PDF) Forecasting Plant and Crop Disease: An Explorative Study on Current Algorithms. Available from: https://www.researchgate.net/publication/348418672_Forecasting_Plant_and_Crop_Disease_An_Explorative_Study_on_Current_Algorithms [accessed Feb 08 2021].

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВРЕМЯ-РАЗРЕШЕННОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА СТАБИЛЬНОСТИ ЛЮЦИФЕРАЗЫ СВЕТЛЯКОВ LUCIOLA MINGRELICA

Зыкова Д.Д.[1], Немцева Е.В.[1], Карузина Н.Е.[1]

[1)] Сибирский федеральный университет

E-mail: dasha_ddz1924@mail.ru

APPLICATION OF TIME-RESOLVED FLUORESCENCE TECHNIQUE FOR STABILITY ANALYSIS OF FIREFLY LUCIFERASE LUCIOLA MINGRELICA

Zykova D.D.[1], Nemtseva E.V.[1], Karuzina N.E.[1]

[1)] Siberian Federal University

The characteristics of intrinsic fluorescence of firefly luciferase L. mingrelica during denaturation with urea were studied. The dependence of both steady-state and time-resolved fluorescence parameters on the urea concentration revealed a single transition with the midpoint at 3.1±0.1M.

Стабильность структуры белков – важная характеристика, определяющая возможность их биотехнологического и биомедицинского использования. В данной работе была исследована стабильность люциферазы светляков – фермента, широко применяемого в биоаналитических системах [1], методами флуоресцентной спектроскопии с высоким разрешением.

В работе использовали лиофилизированный препарат люциферазы светляков Luciola mingrelica («Люмтек», Россия); Tris-ацетатный буфер (50мМ, pH 7,9); растворы мочевины с концентрацией 1,8-7,8М. Белок (0,2 мг/мл) инкубировали в растворах мочевины при комнатной температуре в течение не менее 18 ч, затем измеряли оптические характеристики при температуре 20ºС с использованием спектрофотометра Cary 5000 (Agilent technologies), спектрофлуориметра Fluorolog-3 (Horiba Jobin Yvon). Спады флуоресценции при импульсном возбуждении регистрировали методом TCSPC с помощью модуля DeltaHub. По спадам методом деконволюции вычисляли времена жизни флуоресценции и амплитуды, с помощью специализированного приложения DAS6.

Установлено, что спектр флуоресценции люциферазы в нативном состоянии характеризуется максимумом около 337 нм и в ходе денатурации мочевиной сдвигается батохромно (Рис. 1А). По зависимости отношения интенсивностей при 320 и 360 нм от концентрации мочевины выявлен структурный переход в диапазоне 2,8-3,5М мочевины с серединой при 3,13±0,02 М (Рис. 1Б).

По время-разрешенным спадам установлено, что флуоресценция люциферазы формируется двумя основными компонентами – с временем жизни около 6 нс (τ_1) и 2,5нс (τ_2). В нативном состоянии белка спектр испускания, ассоциированный с τ_1, $DAS_{\tau 1}$ имеет максимум около 341 нм и вклад 51% в общий спектр

белка, $DAS_{\tau 2}$ сдвинут гипсохромно и характеризуется максимумом около 333 нм и вкладом 38% (Рис. 1В). По изменению значений τ_1 и τ_2 выявлен один структурный переход люциферазы с серединой 3,1 М (Рис. 1Г). Найденные середины переходов совпадают с опубликованными данными для люциферазы Lampyris turkestanicus [2].

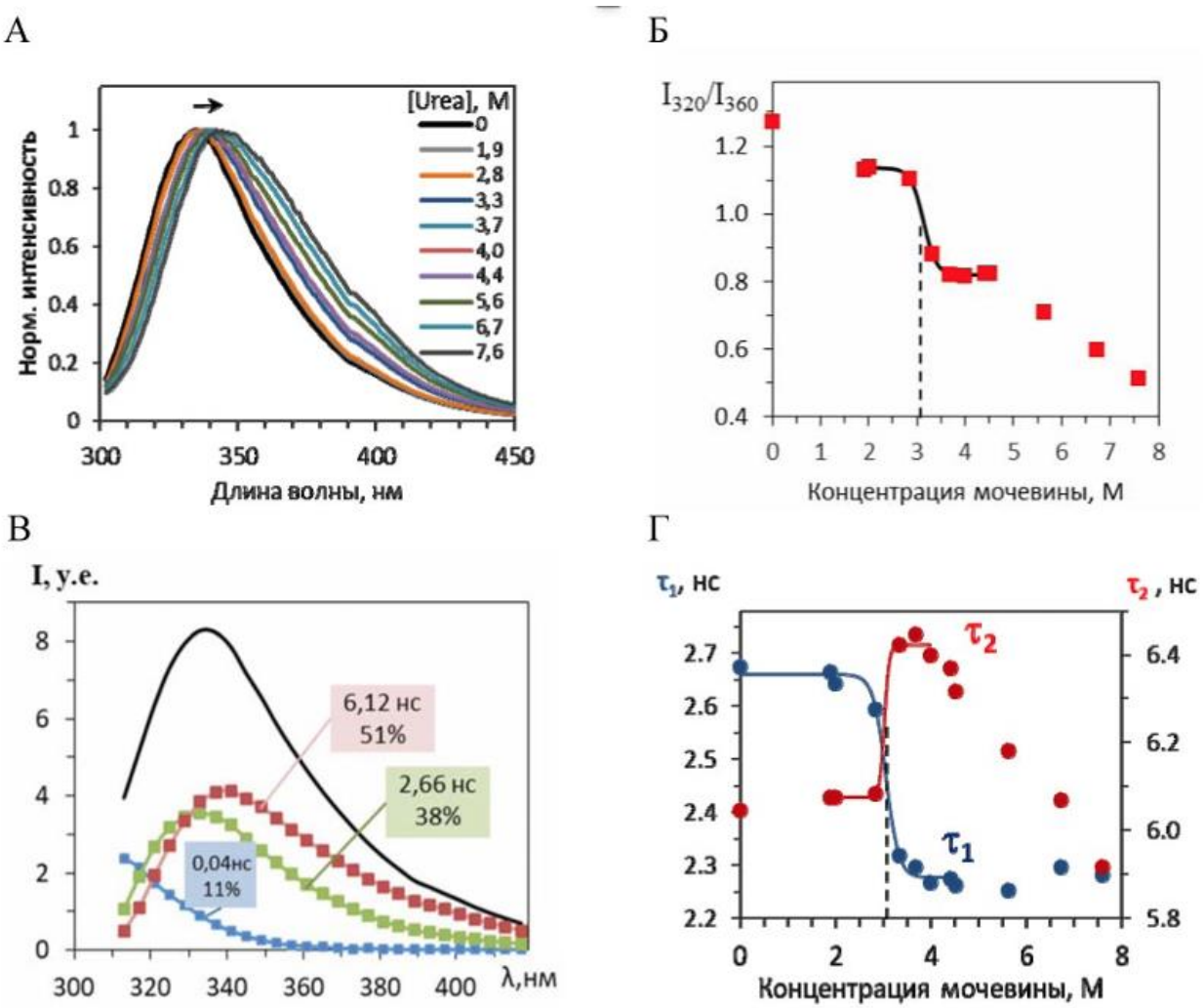


Рис. 1. Спектры флуоресценции люциферазы светляков L. mingrelica после инкубации при различных концентрациях мочевины (А), зависимость параметра I_{320}/I_{360} от концентрации мочевины (Б) и вклады компонент с разными временами жизни флуоресценции в спектр люциферазы (В) и зависимость значений компонент времени жизни от концентрации мочевины (Г). Пунктирной линией – середина перехода, сплошная линия – аппроксимация функцией Больцмана.

В первичной последовательности люциферазы светляков L. mingrelica присутствует единственный триптофановый остаток (W419), определяющий флуоресценцию этого белка при возбуждении 296 нм. Для объяснения происхождения двух компонент времени жизни флуоресценции, полученных в ходе исследования, была проанализирована пространственная структура люциферазы. Прове-

дено вычисление молекулярной динамики структуры бактериальной люциферазы в явном растворителе с помощью программы GROMACS версии 5.1.4 [3]. Установлено, что W419 находится в единственной конформации, характеризующейся углами χ_1 от –96º до –38º и χ_2 от 41º до 130º.

Таким образом, время-разрешенная флуоресценция выявила единственный структурный переход при разворачивании люциферазы Luciola mingrelica.

1. Kaskova, Z. M., Tsarkova, A. S., & Yampolsky, I. V. (2016). 1001 lights: luciferins, luciferases, their mechanisms of action and applications in chemical analysis, biology and medicine. Chemical Society Reviews, 45(21), 6048-6077.
2. Khalifeh K. Surface Arginine Saturation Effect on Unfolding Reaction of Firefly Luciferase: A Thermodynamic and Kinetic Perspective, Photochemistry and Photobiology – Photochemistry and Photobiology, 2016, 92: 688–693.
3. D. Van Der Spoel, E. Lindahl, B. Hess et al., J. Comput. Chem., 26 (16), 1701, (2005).

СЕКЦИЯ 8

ИННОВАЦИИ И СОЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ЗАЩИТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ И ЕЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ В РОССИЙСКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТАРТАПАХ РАННИХ СТАДИЙ

Бабин Н.И.[1], Лякишева А.Д.[1]

[1)] ФГАОУ ВПО "УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина", г. Екатеринбург

E-mail: babin46@gmail.com

INTELLECTUAL PROPERTY PROTECTION AND ITS PRACTICAL APPLICATION IN EARLY-STAGE RUSSIAN TECHNOLOGY STARTUPS

Babin N.I.[1], Lyakisheva A.D.[1]

[1)] Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

The subject of the research in this article is the issue of protecting the intellectual property of the creators of early-stage Russian technology startups. This problem is important because any omissions and mistakes in this area can be crucial for newly established businesses.

Интеллектуальная собственность для стартапов включает использование авторских прав, товарных знаков и патентов. Защищать интеллектуальную собственность гораздо проще на ранних этапах бизнеса. Защита интеллектуальной собственности обеспечивает правовой контроль конкуренции, предотвращая нарушение прав собственности и получение прибыли другими лицами. Хорошая стратегия защиты интеллектуальной собственности с самого начала может также помочь привлечь инвесторов, поставщиков, поскольку эта форма защиты обеспечивает большую безопасность при любом потенциальном успехе.

В первые годы стартапа разработка стратегии интеллектуальной собственности является ключом к предотвращению ошибок, которые могут повлиять на оценку и долгосрочную прибыльность. Стартапы, являясь драйверами экономической активности в развитых странах, особенно нуждаются в эффективной системе регистрации и защиты прав на объекты интеллектуальной собственности [1]

Самый надежный способ для стартапа добиться успеха в конкуренции с более крупными конкурентами — это запатентовать изобретения и идеи. Патенты уравнивают правила игры между стартапами и корпорациями, гарантируя, что те, кто внедряет инновации, получат соответствующее вознаграждение. Когда стартап патентует свои идеи, его ценность возрастает и привлекает больше инвесторов. Это связано с тем, что инвесторы с большей вероятностью купят стартап, права интеллектуальной собственности которого защищены.[2]

Когда стартап патентует свои идеи, он становится единственным юридическим лицом, которое может использовать его патенты в коммерческих целях. Это

позволяет стартапу создавать уникальные продукты и услуги, которые имеют хорошие шансы на успех, тем самым увеличивая прибыль. Если стартапу не удается защитить свои права интеллектуальной собственности, его конкуренты могут скопировать их и завладеть долей рынка. Проблема, к которой относится исследование, заключается в том, что незапатентованная идея, скопированная конкурентом, также может быть запатентована конкурентом, что не позволяет самому разработчику использовать ее. Следовательно, патентоспособные образцы необходимы для полного успеха компании.

В связи с этим, цель исследования - определить уровень осведомленности основателей стартапов о важности защиты авторских прав. Также необходимо установить, пользовались ли создатели стартапов консультационными услугами по авторскому праву.

Задачами данного исследования являются:

Отобрать целевую группу по критериям (деятельность компании на рынке не более 5 лет, стадия Seed, штаб-квартира в России, компания имеет технологическую основу);

Провести телефонный опрос целевой группы;

Обработать и интерпретировать полученные данные имеющейся документации компаний, представители которых участвовали в опросе.

1. Ковалева Наталия Алексеевна, Кусайко Екатерина Ивановна Инновационные механизмы и инструменты защиты интеллектуальной собственности в деятельности стартапов // Финансовые рынки и банки. 2020. №3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-mehanizmy-i-instrumenty-zaschity-intellektualnoy-sobstvennosti-v-deyatelnosti-startapov
2. Дылевская А.И., Авилова В.В. Проблемы и перспективы развития стартап-компаний // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-perspektivy-razvitiya-startap-kompaniy
3. Белая Юлиана Анатольевна, Кицай Юлиана Анатольевна Гражданско-правовые способы защиты инноваций в стартапах как в бизнес-проектах // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Гуманит. науки. 2020. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/grazhdansko-pravovye-sposoby-zaschity-innovatsiy-v-startapah-kak-v-biznes-proektah
4. Куликов Игорь Николаевич Роль венчурного капитала в предпринимательстве и инновациях // УЭкС. 2014. №10 (70). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rol-venchurnogo-kapitala-v-predprinimatelstve-i-innovatsiyah
5. Бутрюмова Н.Н., Назаров М.Г., Фияксель Э.А., Памела Мари Иган Законодательные барьеры ведения инновационной деятельности в России: результаты исследования // Инновации. 2016. №12 (218). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/zakonodatelnye-bariery-vedeniya-innovatsionnoy-deyatelnosti-v-rossii-rezultaty-issledovaniya

УНИВЕРСИТЕТ КАК ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ЭКОСИСТЕМА

Барейчева М.А.[1], Кубина Е.А.[1], Степанова Н.Р.[1], Дайнеко Л.В.[1], Юрасова И.И.[1], Караваева Н.М.[1]

[1)] Институт Экономики и Управления УрФУ

E-mail: bareicheva.m@yandex.ru

UNIVERSITY AS AN EDUCATIONAL ECOSYSTEM

Bareicheva M.A.[1], Kubina E.A.[1], Stepanova N.R.[1], Daineko L.V.[1], Yurasova I.I.[1], Karavaeva N.M.[1]

[1)] Urfu Institute of Economics and Management

In modern conditions, education is transformed into an ecosystem that includes collective and network learning. In this paper, the scheme of the relationship of this ecosystem is constructed and analyzed, the involvement of students, teachers and employers in joint work is considered.

A rapidly changing world requires a change in education. The transformation of the traditional educational model into a digital one, accelerated by the forced transition of all educational institutions to a completely remote organization of the educational process in March 2020, encourages the development of universities. The transformation of universities from the point of view of the continuity of education, the spread of collective and network learning determines the consideration of universities as participants in the educational ecosystem. The educational ecosystem is considered as a self-organizing and self-developing community, united by common interests, using common resources to achieve common goals. With the help of the ecosystem, universities adapt to the complex realities of modern life. In our work, we studied what happens to the university when it is included in a single educational ecosystem, how the digital solutions available at the university are transformed, how students, teachers, and employers are involved in joint work. The integration of a single university ecosystem with the technical potential of the city inspires the introduction of new development principles for all participants of the ecosystem. The purpose of this study is to identify possible new approaches to the development of the educational process as part of the educational ecosystem.

1. Джессика Спенсер-Кейс, Павел Лукша, Джошуа Кубиста. Образовательные экосистемы: возникающая практика для будущего образования. [Электронный ресурс]. URL: https://www.skolkovo.ru/researches/obrazovatelnye-ekosistemy-voznikayushaya-praktika-dlya-budushego-obrazovaniya/ (дата обращения 17.01.2021)
2. Пермяков О. Е., Китин Е. А. Методология стратегического планирования развития образовательных экосистем. [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metodologiya-strategicheskogo-planirovaniya-razvitiya-obrazovatelnyh-ekosistem (дата обращения 17.01.2021)

3. Оболенский Д.М., Шевченко В.И. Концептуальная модель интеллектуальной образовательной экосистемы. [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptualnaya-model-intellektualnoy-obrazovatelnoy-ekosistemy (дата обращения 17.01.2021)

ОБЗОР МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ НА ПРИМЕРЕ СМК

Бортникова 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

PERFORMANCE EVALUATION METHODS REVIEW USING THE QMS EXAMPLE

Bortnikova K.S.[1], Spiridonov D.M.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The article describes various ways of performance evaluation of existing management systems in organizations. Recommendations on the use of performance evaluation of the system in the implementation of new (additional) requirements are offered.

В настоящее время существует множество различных подходов и способов оценки результативности системы управления. Российские специалисты в области менеджмента качества часто затрагивают вопросы оценки результативности. Несмотря на наличие единых требований к системам управления (в данной работе взят пример с ГОСТ Р ИСО 9001-2015) каждая система сертификации предлагает свой вариант, а руководство проверяемой организации устанавливает свой вариант оценки результативности системы менеджмента качества (СМК). Для организаций, сертифицируемых на один стандарт, решить противоречия с проверяемой организацией достаточно легко, а для организаций междисциплинарной сферы, сертифицированной на несколько разных стандартов управления или только внедряющих их, это практически не решаемая задача. Именно на основе разных взглядов и подходов (обусловленных различными системами, требованиями, проверяющими) возникает множество конфликтов и противоречий.

В связи с этим целью настоящей работы является определение и анализ методов результативности систем управления на примере СМК.

Представлены три метода оценки результативности, зависящих от способа установки показателей, по которым осуществляется оценка: по реализации установленных требований; на основании конкретных показателей; по степени до-

стижения целей («по целям»). Применение каждого из методов зависит от деятельности предприятия, целей анализа результативности и основных задач руководства. В работе рассмотрен пример реализация каждого метода.

Далее предложена двухэтапная модель оценки результативности любой системы при внедрении и реализации новых (дополнительных требований). Описанный метод применяется только в случаях отлаженной СМК, которая учитывает установленные к ней требования.

Проведенный анализ методов оценки результативности и их примеров реализации позволил разработать семь шагов внедрения новых (дополнительных) требований к системам управления, выявить основные проблемы, возникающие при внедрении новых требований. При этом отдельно следует отметить, что при разработке плана внедрения необходимо обязательно определять сроки и ответственных за внедрение, так как частое отсутствие временных и трудовых ресурсов ведет к будущим проблемам всей новой системы.

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования»
2. ГОСТ Р 53893-2010 Руководящие принципы и требования к интегрированным системам менеджмента
3. Животкевич И.Н. Оценка и мониторинг результативности и эффективности системы менеджмента качества оборонного предприятия// Вестник качества - 2008г. - №8

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ БЕСПИЛОТНОГО ТРАМВАЯ ДЛЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Бурмич А.К.[1], Степанова Н.Р.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: bak-2001@mail.ru

PRACTICAL SIGNIFICANCE OF AN UNMANNED TRAM FOR THE URBAN ENVIRONMENT

Burmich A.K.[1], Stepanova N.R.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This article discusses the possibility of using unmanned systems in the field of public transport, namely in trams. These innovative technologies are already available, but it is important to implement them in the urban environment.

Общий мировой демографический рост помимо прочих глобальных проблем способствует росту сферы автомобилизации. Городские улицы всё больше заполняются различными транспортными средствами. При грамотном распределении

городского бюджета расходы на транспорт могут частично решать проблемы, возникающие при переполнении городских улиц. Отсюда возникает потребность в технологическом улучшении существующих видов общественного транспорта.

Беспилотные транспортные средства – один из способов решения проблемы перезагруженности городских улиц. Реализация беспилотных автобусов и троллейбусов достаточно затруднительна, а автоматизация трамваев – осуществима. В основе предложенной концепции автоматизации общественного транспорта стоит то, что обновленные версии транспорта снизят уровень дорожно-транспортных происшествий, заменят человека на водительском кресле [1], что снизит фактор человеческой ошибки до минимума, а также увеличит пунктуальность и пассажиропоток трамваев.

В России лидером по беспилотным системам является компания Cognitive Technologies. С помощью разработанной данной компанией нейросети, второй год проводятся испытания на маршрутах г. Москвы [2]. Cognitive Tram Pilot является системой именно для трамваев, которая состоит из запатентованных, сложно сконструированных элементов. В 2021 году планируется открыть новую трамвайную линию из г. Екатеринбург в г. Верхняя Пышма. Длина маршрута составит больше 17 километров. Большая часть маршрута будет проходить по малолюдным улицам, в связи с чем существует возможность применения экспериментальных технологий беспилотного транспортного средства, которые могут предложить Cognitive Technologies. Таким образом, системы беспилотных транспортные средств – перспективное направление, которое можно осуществить уже в ближайшее время, улучшающее комфортность городской среды.

1. Sakhapov R. L, Nikolaeva R. V. Tram as a Ground-based Unmanned Vehicle. Proceedings of the Conference «Modern problems of life safety: intelligent transport systems and situational centers». Pp. 181-188. (2018)
2. Urban Transport. Ai-based Driver Assistance System [Electronic resource]. URL: https://cognitivepilot.com/products/cognitive-tram-pilot/ (2020)

THE RESULTS OF THE FORCED TRANSITION TO DISTANCE LEARNING THROUGH THE EYES OF STUDENTS

Daineko L.[1], Reshetnikova O.[1], Sun G.[1]

[1)] Ural federal university

E-mail: l.v.daineko@urfu.ru

Universities operating in the new digital reality will only be able to remain competitive if they develop new educational technologies adapted to the new demands of applicants. The formation of the university's own educational environment should be based on the opinions of the students.

Nowadays, there is a growing imbalance between the demands society places on higher education institutions and their ability to respond to these demands. At a time of pandemic, the world is changing rapidly. Universities operating in the new digital reality will be able to remain competitive only if they develop new educational technologies adapted to the new demands of applicants. According to experts, the educational process should be changed taking into account such trends as interactivity, personalization of education, interdisciplinarity, practice-oriented and digitalization. A key trend in modern education is integration Education of a university's own educational environment should be based on the opinions of students who acquire knowledge in this space. This is the biggest challenge of higher education. There is at the present time an increasing imbalance between the demands society places on higher education institutions and their ability to respond to these demands. At a time of pandemic, the world is changing rapidly. Universities operating in the new digital reality will be able to remain competitive only if they develop new educational technologies adapted to the new demands of applicants. According to experts, the educational process should be changed taking into account such trends as interactivity, personalization of education, interdisciplinarity, practice-oriented and digitalization. A key trend in modern education is integration Education of a university's own educational environment should be based on the opinions of students who acquire knowledge in this space. This is the biggest challenge of higher education.

1. Daineko, L., Larionova, V., Yurasova, I., Davy, Y., & Karavaeva, N. (2020). Educational process digiltalization in Ural Federal University. В C. Busch, M. Steinicke, & T. Wendler (Ред.), Proceedings of the 19th European Conference on e-Learning, ECEL 2020 (стр. 146-153). (Proceedings of the European Conference on e-Learning, ECEL; Том 2020-October). Academic Conferences and Publishing International Limited. https://doi.org/10.34190/EEL.20.029
2. Goncharova, N., & Zaitseva, E. (2020). Responses of Russian universities to the challenges of Covid-19 pandemic. В C. Busch, M. Steinicke, & T. Wendler (Ред.), Proceedings of the 19th European Conference on e-Learning, ECEL 2020 (стр. 221-228). (Proceedings of the European Conference on e-Learning, ECEL; Том 2020-October). Academic Conferences and Publishing International Limited. https://doi.org/10.34190/EEL.20.140

3. Kubina, E., Bareicheva, M., Stepanova, N., & Brown, K. (2020). Problems and ways of forming the educational strategy of students in the process of remote learning. В C. Busch, M. Steinicke, & T. Wendler (Ред.), Proceedings of the 19th European Conference on e-Learning, ECEL 2020 (стр. 260-269). (Proceedings of the European Conference on e-Learning, ECEL; Том 2020-October). Academic Conferences and Publishing International Limited. https://doi.org/10.34190/EEL.20.046
4. «ANALYSIS OF THE STUDENTS' EXPECTATIONS DURING THE TRANSITION TO COMPULSORY DISTANCE LEARNING», V.Larionova, T.Semenova, E.Shmeleva, L.Daineko, I.Yurasova (ICERI2020 Proceedings) WoS - doi: 10.21125/iceri.2020.1888
5. «Fostering Professional Competencies Of Students With The New Approaches In Higher Education», L. Daineko, N. Goncharova, V. Larionova & V. Ovchinnikova (European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS) - WoS, doi:10.15405/epsbs.2020.12.03.24

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ КАЛИБРОВОЧНОЙ ЛАБОРАТОРИИ КАК ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К МЕНЕДЖМЕНТУ КОМПАНИИ ООО «WEATHERFORD»

Гаранина Е.В.[1], Белых Т.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: katerina19garanina@gmail.com

CALIBRATION LABORATORY RISK MANAGEMENT AS AN INNOVATIVE APPROACH TO THE MANAGEMENT OF WEATHERFORD

Garanina E.V.[1], Belykh T.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This article describes the goals, objectives, definition and analysis of typical risks as an innovative approach to management in the verification of measuring instruments in a metrological laboratory.

В настоящее время одной из актуальных проблем является идентификация, оценка и снижение потенциальных рисков, которые присутствуют практически во всех видах деятельности предприятия. Одним и инновационных подходов к системе менеджмента предприятия является включение документированной процедуры, описывающей действия по управлению рисками. В связи с этим менеджмент риска внедряется повсеместно, в том числе и в деятельность калибровочной лаборатории компании ООО «Weatherford». Таким образом, целью настоящей работы является идентификация и анализ типовых рисков калибровочной лаборатории.

Основной задачей при выявлении рисков является выбор метода идентификации и оценки рисков. При выявлении рисков в калибровочной лаборатории ООО «Weatherford» наиболее подходящими являются следующие методы: метод экспертных оценок – специалисты соответствующих направлений деятельности коллегиально оценивают вероятность появления риска и степень его воздействия; статистический метод – анализ статистических данных для определения вероятности возникновения рисков; метод мозгового штурма – оперативный метод идентификации рисков на основе стимулирования творческой активности, при котором участникам обсуждения предлагают высказывать как можно большее количество вариантов рисков. Так же одна из задач при выявлении рисков является определение влияющих факторов среды: внутренних и внешних. Одним из внутренних факторов является наличие рабочего оборудования и его содержание, то есть, сколько исправного оборудования для калибровки СИ имеется в лаборатории. Внешним фактором может быть законодательство в области обеспечения единства измерений.

Проведенный анализ методов идентификации рисков и влияющих факторов среды позволил составить перечень типовых рисков. Представлены мероприятия для исключения данных рисков. Ежегодный мониторинг рисков позволит выявить новые риски, идентифицировать всех произошедшие изменения, разработать новые мероприятия, оптимизировать существующие виды деятельности.

1. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство».
2. ГОСТ Р 58771-2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска».
3. ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий (Переиздание)».

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА К РАЦИОНАЛИЗАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Гаврилова Т.О.[1], Белых Т.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 620002, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: tanushka051297@mail.ru

DEVELOPMENT OF A PERSONNEL MOTIVATION SYSTEM FOR RATIONALIZATION ACTIVITIES AT AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Gavrilova T.O.[1], Belykh T.A.[1]

[1)] Ural Federal University, 19 Mira Str., Yekaterinburg, 620002, Russian Federation.

The article presents a methodology for stimulating personnel to rationalization activities. The methodology is based on the Kanban lean manufacturing tool. This technique will motivate employees for rationalization work without spending a large amount of financial resources.

Рационализаторская деятельность на предприятии всегда имела и имеет большое значение. Однако российские предприятия часто сталкиваются с низкой мотивацией персонала к рационализаторской работе.

Рационализаторское предложение - техническое решение, являющееся новым и полезным, направленным на экономию трудовых, сырьевых, топливно-энергетических и других материальных или финансовых ресурсов, а также улучшение условий труда и экологии. Объектами могут быть: устройство, конструкция изделия, технология производства, способ, состав материала (вещества).

В ходе проведенного исследования среди предприятий были выявлены следующие проблемы, связанные с низкой мотивацией к рационализаторским предложениям:

- долгий процесс оформления рационального предложения;
- долгий процесс согласования, если имеется экономический эффект от рационального предложения;
- мотивация в виде денежного вознаграждения не является эффективной;
- работа представителя по бережливому производству не эффективна и др.

Методика мотивации персонала выглядит следующим образом. На главном стенде в каждом цеху/отделе предприятия представлена таблица по принципу «Канбан», которая имеет следующие наименования: идеи; зарегистрированные рациональные предложения; рациональные предложения, находящиеся на рассмотрении; заключение специалистов. Заключение специалистов может быть следующим: принято предложение, провести опытную проверку, отклонено.

Далее происходит расчет эффективности рационализаторских предложений по специальной формуле с учетом коэффициентов, результатом которой является

балл. Баллы присваивают каждому сотруднику, участвовавшему в процессе рационализации, и ранжируют в порядке убывания. Первым сотрудникам, являющимся лидирующими по цеху, предусмотрен нематериальный бонус.

Таким образом, на стенде в каждом цехе или отделе представлена таблица по принципу «Канбан» со сводным итоговым результатам среди работников цеха. Кроме того, предусмотрен и отдельный рейтинг среди всех цехов/отделов организации. Все сотрудники цеха/отдела, который набирает наибольшее количество баллов, получают премию или другой бонус (например, удваивает набранное количество баллов, что повышает шанс получить главную награду в конце года) по итогам месяца. По результатам года лидеры общего рейтинга получают награду в виде нематериального или материального поощрения, например, грамоты и продвижение по карьерной лестнице, общественное признание и поездки в санаторий, различные квоты и др.

Стендовая система мотивации решает проблемы, обозначенные выше, поскольку моментально позволяет выявить узкие места и предпринять соответствующие меры. Также благодаря визуализации и выстроенной конкурсной системе, видны аутсайдеры, что также является стимулом к рационализаторской деятельности.

1. ГОСТ Р 56407-2015 Бережливое производство. Основные методы и инструменты
2. Познанский В. С. О развитии массового рабочего изобретательства и рационализаторства в СССР // Вопросы истории. 1960. № 3. С. 138-153.
3. Маслоу А. Мотивация и личность. — СПб.: Питер, 2008.

РАЗРАБОТКА ТИПОВОГО СВИДЕТЕЛЬСТВА НА АТТЕСТОВАННЫЕ ОБЪЕКТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Хейнштейн В.Я.[1], Никифоров С.В.[1], Фатина Ж.Е.[2]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Белоярская атомная станция», г. Заречный, Россия

E-mail: lerax7@mail.ru

DEVELOPMENT OF A STANDARD CERTIFICATE FOR CERTIFIED OBJECTS USED IN NUCLEAR POWER UTILIZATION

Kheynshteyn V.Y.[1], Nikiforov S.V.[1], Fatina Z.E.[2]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
[2)] Beloyarsk Nuclear Power Plant, Branch of Rosenergoatom Concern JSC, Zarechny, Russia

The article describes the need to develop a certificate for a certified object. The main points of which the certificate should consist are proposed in the article, their choice is justified, and an example of the certificate is given.

В настоящее время новым элементом обеспечения единства измерений в области использования атомной энергии является аттестованный объект [1]. Аттестованными объектами называются те объекты, для которых установлены значения одной или более величин, характеризующих состав, структуру, свойства или образы (файлы) реальных объектов измерений [2]. Для тех характеристик, которые нестабильны и/или очень редкие, нельзя создать стандартный образец, так как отсутствует возможность получить приемлемую погрешность или достаточное для испытаний количество материала и/или его стабильность. В этих случаях используются аттестованные объекты. Например, изображение зерненой структуры таблеток ядерного керамического топлива используется для установления характеристики размера зерна и является носителем свойств реального объекта. Данный объект выполняет функцию стандартного образца, но не является им, так как файл, содержащий изображение структуры, нематериален. Аттестованные вещества, материалы и изделия не соответствуют понятию «стандартный образец», но широко применяются в области использования атомной энергии [3]. Из-за недавнего введения такого понятия, как «аттестованный объект», появилась проблема с оформлением необходимого пакета документов для его использования. В настоящий момент в филиале АО «Росэнергоатом» «Белоярская АЭС» отсутствует единая форма свидетельства на аттестованный объект.

В связи с этим целью настоящей работы является разработка типового свидетельства на аттестованные объекты, применяемые на Белоярской атомной электростанции.

В работе объяснена необходимость внесения каждого пункта в свидетельство. Приведены основные типы аттестованных объектов и правила формирования наименования, а также примеры этих наименований. Далее предложено название аттестуемой характеристики с ее аттестованным значением и погрешностью и способы ее оценивания. Представлены две дополнительные характеристики: характеристика однородности и характеристика стабильности, которые при необходимости должны упоминаться в свидетельстве на аттестованный объект в зависимости от его типа [4]. Объяснена важность условий хранения и транспортирования и их наличия в свидетельстве на аттестованный объект. Описаны условия и возможность повторной аттестации объектов, а также возможные сроки действия свидетельства.

Итогом работы является разработанное типовое свидетельство на аттестованный объект, применяемый на Белоярской атомной электростанции. Единая форма данного документа позволила стандартизовать информацию, необходимую пользователям аттестованного объекта и вошла в состав пакета документов, необходимого при его использовании.

1. Российская Федерация. Федеральный закон «О Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» № 317-ФЗ.
2. Приказ Госкорпорации «Росатом» №1/10-НПА от 31.10.2013 г. Метрологические требования к измерениям, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, их составным частям и программному обеспечению, методикам (методам) измерений, применяемым в области использования атомной энергии
3. ГОСТ Р 8.565–2014 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение атомных станций. Основные положения
4. ГОСТ Р 8.563-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УЧЁТА И 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

E-mail: daria.khudiakova@urfu.ru

ELECTRONIC PROCESS OF REGISTRATION AND CERTIFICATION FOR TEST EQUIPMENT

Khudiakova D.M.[1], Pasichnik T.G.[1], Semkin M.A.[1]

[1)] Ural Federal University

The aim of our work is to optimize some forms of input and output parameters of the module for metrological support of equipment on the Ural Federal University science service and to describe the electronic processes of registration and certification for test equipment base on the quality management

В рамках программы Цифровой университет в УрФУ, на базе Сервиса по учёту использования научного оборудования [1], был разработан новый многофункциональный модуль метрологического обеспечения оборудования [2]. Деятельность по метрологическому обеспечению включает в себя ведение единых информационных реестров средств измерений испытательного и вспомогательного оборудования, стандартных образцов, сопутствующей документации и журналов.

Цель нашей работы заключается в оптимизации форм входных и выходных параметров модуля метрологического обеспечения оборудования с применением основ управления качеством, для описания процессов цифрового учета и аттестации испытательного оборудования.

Испытательное оборудование является составляющей основой для воспроизведения необходимых условий испытаний (например, таких как температура, влажность, давление и т. п.), которые необходимо воспроизводить (задавать и контролировать) при проведении научных исследований. Развитие процессов аттестации испытательного оборудования в рамках системы менеджмента качества УрФУ, на основе ГОСТ Р ИСО 9001 [3] и с применением риск-ориентированного подхода ГОСТ Р ИСО 31000, ГОСТ Р 58771 [4, 5], составляет базис для решения проблемы цифровизации процессов его учета и аттестации.

Для того, чтобы сформировать достаточные условия (критерии) цифровизации и связанные с ними процессы аттестации испытательного оборудования, была проведена оценка рисков с помощью анализа причинно-следственных связей. Сочетание анализа дерева отказов и дерева событий, которое позволяет

учесть временные задержки, которые являются одним из важнейших рисков данного процесса. Рассматриваются как причины, так и последствия возникшего события.

Анализ причин и потенциальных рисков процессов аттестации испытательного оборудования представлен на рис. 1. В количественном выражении анализ причинно-следственных связей позволяет получать оценку вероятности различных возможных последствий, наступающих после критического события.



Рис. 1. Анализ причинно-следственных связей процесса аттестации испытательного оборудования

На входе мы имеем: понимание системы, ее режимов отказа и сценариев отказов. На выходе же мы четко представляем: схематически, как система может потерпеть неудачу, показывая, как причины, так и последствия; и оценку вероятности возникновения каждого потенциального последствия на основе анализа вероятностей возникновения конкретных условий после критического события.

Рассматривая данную модель, можно оптимизировать элементы процессов учета и аттестации испытательного оборудования, сформировать минимальный набор записей, достаточных для ведения записей в реестрах, обращения заявок на аттестацию и регистрации соответствующей документации на каждую единицу оборудования, отслеживание статуса и т.п. через личный кабинет сотрудника Университета.

1. СМК-ДП-6-03-56-2016 Учёт использования научного оборудования Документированная процедур: утвержден и введен в действие УрФУ от 17.03.2016 № 221/03 дата введения: 2016-03-17.
2. Илюхин Д. Сервис учета научного оборудования внедряют в университете / Д. Илюхин // Уральский федеральный. – 2020. – 21 сентября. – С. 5.
3. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования (Переиздание): введ. 2015-11-01. – М.: Стандартинформ, 2020.
4. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 Менеджмент риска. Принципы и руководство введ. 2020-03-01. – М.: Стандартинформ, 2020.
5. ГОСТ Р 58771-2019 Менеджмент риска. Технологии оценки риска: введ. 2020-03-01. – М.: Стандартинформ, 2020.

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ КОММУНИКАЦИИ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НКО: ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Анастасия Е.К.[1], Миронова М.В.[1]

[1)] Уральский гуманитарный институт ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

E-mail: n-87@yandex.ru

USING THE STRATEGIC COMMUNICATION BY NONPROFIT ORGANISATIONS: ISSUE STATEMENT

Anastasiia E.K.[1], Mironova M.V.[1]

[1)] Ural Institute for Humanities Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin»

Nonprofit organizations use social media to promote themselves, but borrow tools from the commercial sector. The results of our study: building a holistic communication strategy with the target audience in social networks requires taking into account the specifics of a nonprofit organization.

Некоммерческие организации стараются использовать современные цифровые инструменты и интернет-возможности, чтобы продвигать свои идеи и ценности в социальных сетях. Социальные сети позволяют сформировать представления о развитии организации в целом, а также достигать ее миссии. Вместе с тем в большинстве некоммерческих организаций уделяется недостаточно внимания построению целостной стратегии коммуникации с целевой аудиторией [1].

Одним из приоритетных направлений в науке становятся исследования, касающиеся продвижения, развития бренда некоммерческих организаций в социальных сетях [2]. В большей степени эти исследования основаны на маркетинговых теориях, способствующих достаточно успешному развитию коммерческого сек-

тора. На наш взгляд, некоммерческие организации обладают собственной спецификой, которую необходимо учитывать при построении стратегии коммуникации с целевой аудиторией.

Имеющиеся единичные исследования по теории коммуникации в некоммерческом секторе не позволяют в полной мере реализовать ее потенциал для увеличения сбора средств и вовлечения стейкхолдеров в некоммерческий сектор. Наше эмпирическое исследование являлось попыткой преодолеть существующий пробел.

На первом этапе, используя метод контент-анализа сетевых сообществ в социальных сетях, мы составили общее представление о коммуникации организации с подписчиками. Затем с помощью экспертного интервью со специалистами, деятельность которых связана с взаимодействием с аудиторией, мы проанализировали реалии и проблемы, которыми сопровождается процесс коммуникации некоммерческой организации. Анализ кейсов позволил нам выявить те возможности, которые открываются перед НКО, имеющими стратегию коммуникации с целевой аудиторией.

1. Ihm J. Communicating without nonprofit organizations on nonprofits' social media: Stakeholders' autonomous networks and three types of organizational ties. // New Media & Society. 2019. Vol. 21(11-12). P. 2648-2670. doi: 10.1177/1461444819854806
2. Кутыркина Л.В. Особенности продвижения НКО в России сегодня // Реклама. Теория и практика. 2014. №1. С. 24–33.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ РИСКОВ УМНЫХ ГОРОДОВ

Красильникова П.С.[1], Лапшина С.Н.[1]

[1)] Уральский федеральный университет

E-mail: p.s.murzina@urfu.ru

PREDICTION OF SOCIAL RISKS FOR SMART CITIES

Krasilnikova P.S.[1], Lapshina S.N.[1]

[1)] Ural Federal University

The purpose of this article is to identify social problems that may arise in the process of implementing regional programs of "smart cities" in Russia. Social risks are divided into vulnerable groups and areas, measures to reduce risks are proposed

По мере развития концепции «умного города» расширяется запрос на интеграцию стандартов в области устойчивого развития в проекты цифровизации городской жизни. Обязательной частью указанных стандартов является управление рисками. Однако, когда исследователи пишут о рисках, сопряженных с реализа-

цией подобных проектов, в основном речь идет об организационных и технических аспектах. Между тем для реализации ключевой цели концепции «умного города» необходимо уделять особое внимание социальным рискам.

В рамках антропоцентрического подхода к проектированию умной городской среды является необходимым принятие потребностей жителей в качестве исходной информации. Эта модель определяет центральное место элемента «умные жители» среди элементов структуры «умного города», исходя из чего авторы моделируют риски реализации проектов цифровизации городов.

Риск часто оценивают в связи с потенциально возможными событиями и их последствиями или их комбинацией. В рамках исследования использован сценарный метод прогнозирования, прогнозный граф и метод аналогий.

Эмпирическая база исследования сформирована программными документами по цифровизации городского хозяйства в Нижегородской области (Нижний Новгород, Дзержинск, Арзамас, Саров), статическими данными, материалами СМИ.

В результате анализа выявленные риски были сгруппированы вокруг элементов структуры «умного города»:

1. Блок «Умное управление»: снижение партисипарности, негативное отношение к проектам цифровизации, дискоммуникация, политическая цензура городских сообществ на платформах, администрируемых муниципалитетом, и последующее снижение количества инициатив «bottom up», отсутствие социального запроса на проводимую модернизацию;

2. Блок «Умные технологии»: нарушение приватности и конфиденциальности, обеспечение безопасности данных, этичность обращения с данными;

3. Блок «Умная инфраструктура»: рост стоимости городских сервисов в результате модернизации, дискриминация отдельных районов или социальных групп, экологические последствия для жилых массивов и рекреационных зон.

4. Блок «Умная экономика»: высокая стоимость проектов цифровизации, которая без отдельного финансирования может стать причиной дисбаланса бюджета в социально-значимых сферах, сокращение рабочих мест в муниципальном секторе, усиление городской сегрегации, цифровое неравенство.

При подготовке управленческих решений в сфере городского развития во внимание часто принимаются экономические и политические выгоды, но не социальная миссия города и связанные с ней риски. Так в программе цифровизации городов Нижегородской области социальные индикаторы представлены слабо. Сценарный метод прогнозирования позволяет выявить потенциальные социальные риски для последующей разработки мер по их минимизации в конкретном субъекте.

1. N. A. Kolodiy, V. S. Ivanova and N. A. Goncharova Smart city: features of the concept, specificity of adaptation to Russian realities. Sociological journal, Iss. 26(2), 102-123 (2020)

2. I.E. Zhadan Social risks in the digital economy.Humanitarian scientific journal, Iss.1-1, 20-26 (2018)
3. R.G Asadullaev. and V.V. Lomakin Formal means of forecasting and managing social risks. Economics. Informatics, Iss. 35(13), 150-155 (2015)
4. V. Albino , U. Berardi and R.M. Dangelico Smart cities: Definitions, dimensions, performance and initiatives. Journal of Urban Technology, Iss. 22-1, 3–21 (2015)
5. V.I. Drozhzhinov, V.P. Kupriyanovskiy, D.E. Namiot, S.A. Sinyagov and A.A Kharitonov Smart cities: models, tools, rankings and standards. International Journal of Open Information Technologies, Iss. 5(3),19-48 (2017)

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНКУРЕНТНЫХ СТРАТЕГИЙ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ

Кривощекова А.Д.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: al.kriv31@gmail.com

METHODS OF USING CLUSTER ANALYSIS TO DETERMINE COMPETITIVE STRATEGIES OF PHARMACEUTICAL COMPANIES

Krivochshekova A.D.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The article presents methodology for studying the competitive environment of the pharmaceutical market. In the course of the study, based on a number of indicators, manufacturing companies were divided into four groups using cluster analysis.

Нарастание конкуренции и усложнение ситуации в фармацевтическом бизнесе обуславливает необходимость руководства фармацевтических компаний постоянно оценивать конкурентную среду компании. А также оценивать соответствующие данному конкурентному положению возможности, позволяющие компании развиваться и адаптироваться к изменяющимся рыночным условиям.

Одним из инструментов идентификации организации и типа ее стратегического конкурентного поведения является модель конкурентных стратегий по А. Юданову [3]. Использование данной модели позволяет классифицировать конкурентов по типу используемых конкурентных преимуществ, определить наиболее близких конкурентов в отрасли и оценить свои позиции в конкурентной борьбе.

Однако, информация об участниках рынка, позволяющая оценить их конкурентную стратегию, по понятным причинам не является общедоступной, что приводит к трудностям при проведении конкурентного анализа. В связи с чем необходима разработка простого и эффективного метода анализа конкурентной

среды, использующего в качестве базы информацию из общедоступных источников.

Целью данного исследования являлась разработка методики исследования конкурентной среды в фармацевтической отрасли.

В качестве объекта исследования выбраны компании-производители лекарственных препаратов, осуществляющие свою деятельность на российском рынке.

Гипотеза исследования заключалась в том, что фармацевтические компании, производящие лекарственные препараты, на основе ряда признаков могут быть разбиты на кластеры, которые впоследствии будут соотнесены со стратегиями конкурентного поведения по А. Юданову и использованы для определения конкурентных позиций в отрасли и выбора дальнейшего направления развития.

В качестве источников данных для целей настоящего исследования были использованы:

-государственный реестр лекарственных средств Росминздрава;

-реферативная база данных российских изобретений (RUPAT) Федерального института промышленной собственности (ФИПС);

-база данных российских товарных знаков (RUTM) Федерального института промышленной собственности;

-справочник лекарственных средств Vidal [2]

-реестр клинических исследований, размещенный на платформе ClinLine [1].

В результате анализа был сформирован массив данных и проведен кластерный анализ для объединения наиболее схожих в один класс (кластер), таким образом, что объекты различных классов (кластеров) максимально отличаются друг от друга. Кластеризация объектов была проведена методом k-средних для 143 наблюдений (компаний производителей лекарственных средств) и при заданном числе кластеров, равном четырем. Проведенный дисперсионный анализ подтвердил значимое различие между полученными кластерами. Полученные результаты могут быть соотнесены с типами конкурентных стратегий по А. Юданову.

Данное разбиение на кластеры может быть использовано для определения конкурентных позиций в отрасли и выбора дальнейшего направления развития.

1. Реестр клинических исследований [Электронный ресурс] // https://clinline.ru/reestr-klinicheskih-issledovanij.html
2. Справочник лекарственных средств Vidal [Электронный ресурс] // https://www.vidal.ru/drugs/companies
3. Юданов А. Конкуренция: теория и практика [Электронный ресурс] // https://www.studmed.ru/yudanov-a-konkurenciya-teoriya-i-praktika_4445a2c5e3f.html

ПАТЕНТНАЯ СТРАТЕГИЯ: БИЗНЕС-ПЕРСПЕКТИВА ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТАРТАПОВ РАННИХ СТАДИЙ

Лякишева А.Д.[1], Бабин Н.И.[1], Метелев Д.А.[1]

[1)] ФГАОУ ВПО "УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина", г. Екатеринбург

E-mail: ariadnalyakisheva@gmail.com

PATENT STRATEGY: A BUSINESS PERSPECTIVE FOR EARLY-STAGE TECHNOLOGY STARTUPS

Lyakisheva A.D.[1], Babin N.I.[1], Metelev D.A.[1]

[1)] Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

This article examines the costs and benefits of patents from the point of view of technology startups in the early stages of development and growing businesses, as well as recommendations for developing an intellectual property plan and building a patent portfolio.

Проблема, к которой относится исследование заключается в том, что представители технологических стартапов ранних стадий часто не имеют плана по защите интеллектуальной собственности, а также многие малые технологические компании уделяют больше внимания краткосрочным издержкам защиты интеллектуальной собственности, чем на его будущую ценность

Ежегодно заголовки новостей освещают рекордные выплаты за нарушение патентов, многомиллиардные аукционы крупных корпоративных патентных портфелей и продолжающиеся патентные войны между ключевыми игроками технологической отрасли. Несмотря на признание значительной ценности патентов для крупных корпораций, многие малые технологические компании уделяют больше внимания краткосрочным издержкам защиты интеллектуальной собственности, чем на его будущую ценность. Затраты кажутся очень высокими для технологического стартапа на ранней стадии. Некоторые стартапы в сфере IT задаются вопросом применимы ли вообще патенты к их бизнесу. По мнению доктора технических наук, профессора МГТУ им. Баумана Евгения Бурого, современные разработчики не спешат патентовать свои идеи, поскольку нет гарантии того, что потраченные на получение документа время и деньги будут компенсированы .

На практике эффективная стратегия и управление интеллектуальной собственностью зависит от многих факторов, таких как технология или промышленный сектор, размер и зрелость бизнеса, жизненный цикл технологии, а также бизнес- и рыночная среда, а патентная стратегия должна быть согласована с бизнес-стратегией с самого начала. Рассматривая интеллектуальную собственность в более широком контексте общего бизнес-плана и конкурентной среды, можно на

ранней стадии увидеть возможность получения более высокой отдачи от инвестиций в НИОКР и добавленной стоимости бизнеса за счет патентов или других форм интеллектуальной собственности. Такой подход гарантирует, что решение о том, следует ли патентовать, определяется деловыми соображениями, а не бюджетными ограничениями.

Нематериальные активы, такие как интеллектуальный капитал и интеллектуальная собственность, составляют значительную часть стоимости технологических компаний. Нематериальные активы включают формы интеллектуальной собственности, охраняемые законом (товарные знаки, патенты, промышленные образцы и авторские права, коммерческая тайна) и другие формы знаний, которые имеют ценность для бизнеса (например, служебная информация и ноу-хау). Составление патентной стратегии и плана управления интеллектуальной собственностью, а также понимание того, насколько патентный портфель, в частности, может быть ценным, зависит от:

1) понимания того, как патентная стратегия вписывается в бизнес-стратегию компании;

2) понимания того, как патентная стратегия используется в рыночной среде, например конкурентами, клиентами, партнерами и поставщиками. Цель данного исследования - систематизировать инструменты патентной стратегии. Задачи исследования - провести анализ аспектов патентной ценности для технологических стартапов.

1. Бабурин В.Л., Земцов С.П. Факторы патентной активности в регионах России // Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки. 2016. №1.
2. Гапоненко Т.В. Ценностно-ориентированная идентификация и структуризация интеллектуального капитала организации // Инновации. 2014. №3 (185).
3. Дьяченко О.Г., Дьяченко А.О. Правовые аспекты коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности в российских и казахстанских стартап-компаниях // Правовая информатика. 2015. №2.
4. Зинов В.Г., Романова Н.В., and Куприянова О.И.. "Зарубежное патентование: стратегия и затраты" Экономика науки, no. 2, 2015, pp. 109-117
5. Спиридонова Е.А. Управление стоимостью патента в рамках коммерциализации интеллектуальной собственности // Евразийский Союз Ученых. 2014. №7-5.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАРОЙ И НОВОЙ ВЕРСИЙ ГОСТ Р 31000

Макарова И.Е.[1], Спиридонов Д.М.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: makarova.irina@urfu.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE OLD AND NEW VERSIONS OF GOST R 31000

Makarova I.E.[1], Spiridonov D.M.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This article describes the main changes in the new version of GOST R ISO 31000 «Risk management. Principles and guidelines»

Главным критерием дееспособности современного предприятия является умение высшего руководства, опираясь на строго научную основу, прогнозировать, проводить профилактику, рационально контролировать и эффективно управлять рисками. С целью систематизации данной деятельности может быть введена соответствующая система менеджмента риска.

Ведущую роль среди международных стандартов, касающихся менеджмента риска, играет семейство стандартов серии ISO 31000. В марте 2020 года вступила в силу новая редакция национального стандарта ГОСТ Р 31000 «Менеджмент риска. Принципы и руководство». В связи с этим целью настоящей работы является сравнительный анализ старой и новой редакций данного нормативного документа.

Из основного можно отметить, что новая версия стандарта является более емкой, а ключевые принципы интеграции стали более очевидными. Также можно отметить: пересмотр принципов менеджмента рисков; акцент на лидерство высшего руководства и встраивание риск-менеджмента, начиная с управления организацией; больший акцент на итеративный характер управления рисками; оптимизация содержания с большим акцентом на поддержание модели открытых систем.

1. ГОСТ Р ИСО 31000-2010 «Менеджмент риска. Принципы и руководство»
2. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство»

РАЗВИТИЕ ОБЪЕМНО – ПРОСТРАНСТВЕННОГО МЫШЛЕНИЯ ДЕТЕЙ СТАРШЕГО ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА В УСЛОВИЯХ КОМПЬЮТЕРНО – ИГРОВОГО КОМПЛЕКСА « LIGROGAME»

Молоднякова А.В.[1]

[1)] ООО «АВСПАНТЕРА», г. Нижний Тагил, Россия

E-mail: molodnalena@yandex.ru

DEVELOPMENT OF THREE-DIMENSIONAL THINKING OF CHILDREN OF SENIOR PRESCHOOL AGE IN THE CONDITIONS OF THE COMPUTER-GAME COMPLEX " LIGROGAME»

Molodnyakova A.V.[1]

[1)] LLC ABSPANTHERA, Nizhny Tagil , Russia

The article describes the possibilities of the computer-game complex "LigroGame" for the development of three-dimensional thinking of preschoolers, examples of activities based on geometric concepts for the development of computer 3-D modeling skills

Традиционная конструктивно – техническая деятельность и современные виды инженерной деятельности и других специальностей (архитектура, дизайн) на основе 3D проектирования оперируют понятиями, которые основаны на математических способностях и объемно – пространственном мышлении специалиста. В работах исследователей пространственное мышление определено «как особого вида умственная деятельность, обеспечивающая создание пространственных образов и оперирование ими в процессе решения различных практических и теоретических задач» [3].

Условия для развития такого вида умственной деятельности как объемно – пространственное мышление важно создать на этапе дошкольного возраста, так как задатки интеллектуального потенциала человека формируются в раннем детстве (Л.А. Венгер, А.И. Савенков). Традиционные методики развития объемно – пространственного мышления у детей старшего дошкольного возраста в основном базируются на формах конструктивно – модельной деятельности из блоков конструктора, но возможны иные формы деятельности, где ребенок учится оперировать пространственными понятиями в виртуальных 3D-средах.

Проектной группой разработчиков (ООО «АВСПАНТЕРА») был разработан, апробирован и внедрен на базе дошкольных учреждений компьютерно-игровой комплекс «LigroGame», который включает программу ЭВМ по 3D-моделированию «LigroGame», где дети создают 3D-модели на основе различных команд с объемными геометрическими телами.



Рис. 1. Компьютерно - игровой комплекс "LigroGame" в МАДОУ НТГО детском саду "Голубок", г. Нижняя Тура

Для внедрения 3D-технологии был разработан оригинальный дидактический комплекс для распознавания и изучения свойств объемных геометрических тел, как физических объектов, так и их виртуальных трехмерных аналогов (автор - разработчик Молоднякова А.В.). В условиях лабораторного комплекса дети определяют проекции объемных тел на основе оптического эффекта в геометрических символах, «находят» объемные формы в предметных картинках объектов живой или неживой природы и другие. Эти базовые представления позволяют научить детей рассматривать части проектируемого объекта в виде объемных геометрических тел, так как 3-D моделирование в «LigroGame» реализует элементарные методы математического моделирования. О том, что восприятие реальных объектов окружающего мира основано на базовых формах объемной геометрии, описано в теории распознавания по компонентам (recognition-bycomponents, RBC) И. Бидермана. В данной теории «перцептивное распознавание объектов по Бидерману представляется как процесс, в котором первичное изображение сегментируется на простые геометрические компоненты, такие как блоки, цилиндры, клинья и конусы» [4].

В рамках теории И. Бидермана можно рассматривать математическое моделирование на основе базовых геометрических тел в 3D-среде «LigroGame», как идентичное перцептивной функции распознавания объема предметов реального

окружения, на которой базируется, в частности, объемно – пространственное мышление.

1. 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
2. Молоднякова А.В. Что закупить для компьютерно – игрового комплекса на 2019/20 учебный год/Справочник руководителя дошкольного учреждения, № 9, 2019, С.69.
3. https://studbooks.net/1757618/pedagogika/struktura_prostranstvennogo_myshleniya
4. https://studme.org/182287/psihologiya/teoriya_raspoznavaniya_komponentam_recognition_bycomponents_bidermana
5. http://ncrao.rsvpu.ru/novosti/otechestvennye-innovacionnye-resheniya-na-osnove-kompyuternyh-3d-tehnologiy-dlya-razvitiya?fbclid=IwAR3YekF3dFCSkg2nj5rGTy2m0TxAvNseACyC49bi-B7NWgZpADUABgUz4Ww

ДОСТУПНОСТЬ СРЕДЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Несытых О.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина

E-mail: ones73@mail.ru

LIVING ENVIRONMENT ACCESSIBILITY FOR CHILDREN WITH SPECIAL HEALTH NEEDS

Nesytykh O.A.[1]

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

The accessible environment is the open space combining interrelated components that provide opportunities for comprehensive development and education of children including those with physical, sensorial and intellectual disabilities.

Реабилитация людей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) является актуальной проблемой для общества и приоритетным направлением государственной социальной политики. В качестве основополагающего принципа соблюдения прав инвалидов Конвенция о правах инвалидов, принятая в 2006 г., провозгласила доступность. Необходимо создание среды адекватной общим и

особым потребностям, физически и эмоционально комфортной для ребенка с ограниченными возможностями здоровья, гарантирующей сохранение и укрепление физического и психологического здоровья. Доступность среды можно обеспечивать различными средствами.

Зарубежные исследования в основном изучают проблемы мобильности, с которыми ежедневно сталкиваются лица с ограниченными возможностями здоровья. В зарубежной литературе для описания дизайна среды, которая является неудобной для жизни, появился термин «архитектурная инвалидность», который используется с целью предотвращения использования того или иного элемента физической среды в случае его небезопасности для жизни [3, с.151]. Помимо физических барьеров, сдерживающим фактором мобильности является отсутствие доступа к информационным ресурсам и источникам [1]. Европейский проект AWARD (Accessible World for All Respecting Differences) нацелен на повышение осведомленности о мире для всех, уважая различия, путем создания инновационного инструмента электронного обучения в форме прикладной программы, применимой к традиционным, дистанционным и индивидуальным формам обучения [2].

Резюмируя, можно сказать, что доступная среда – открытое пространство, сочетающее в себе взаимосвязанные компоненты, обеспечивающие возможности для полноценного развития и образования детей, в том числе детей с физическими, сенсорными и интеллектуальными нарушениями.

1. Atkins W.S. Older People: Their Transport Needs and Requirements, Department of Transport Local Government and the Regions (DTLR). London, 2001.
2. Frattari A., Dalprà M., Bernardi F. Educating in the design and construction of built environments accessible to disabled people: the Leonardo da Vinci AWARD project. Int J Technol Des Educ (2013) 23:257–271 DOI 10.1007/s10798-011-9177-1.
3. Imrie, R. (2001) Barriered and Bounded Places of Disability. Urban Studies // 38(2). P.232. DOI: 10/1080/004209801124639.

МОДЕЛИ ГИБКОГО ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Озорнин С.Ю.[1], Терлыга Н.Г.[1]

[1)] Уральский федеральный университет им. Б. Н. Ельцина

E-mail: stanislav.ozornin@mail.ru

MODELS FOR AGILE PROJECT MANAGEMENT UNDER A DIGITAL TRANSFORMATION

Ozornin S.Y.[1], Terlyga N.G.[1]

[1)] Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

The rapid development of information technologies has created a need for new management approaches. Many foreign researchers note that agile project management models offer a suitable set of best practices for effective management. This article deals with studying of agile project management models

На протяжении нескольких лет практикующие специалисты высокотехнологичных предприятий отмечают, что традиционные подходы и концепции менеджмента слабо адаптированы под особенности цифровой экономики, поскольку базируются на масштабном и единовременном планировании всего проекта. Существующие инструменты традиционного управления не учитывают меняющиеся потребности рынка, а также исключают частое взаимодействие заинтересованных сторон, что приводит к несоответствию результатов проекта и ожиданий стейкхолдеров. Подобная ситуация формирует потребность в новом управленческом подходе, основанном на принципах, положениях и инструментах цифровой экономики.

Зарубежная практика проектного менеджмента показывает, что в качестве моделей цифрового менеджмента используются подходы к гибкому проектному управлению [1]. Agile project management удовлетворяет все потребности, возникающие у предприятий в условиях цифровой экономики.

Рост популярности концепции гибкого проектного управления привел к возникновению множества инструментов ее реализации. На сегодняшний день существует около 12 различных методик гибкого проектного управления. В своей работе [2] R Kumar, P Maheshwary, T Malche отмечают, что не все из них могут быть имплементированы в цифровую экономику и выделяют следующие подходы:

- scrum;
- kanban;
- agile unified process (AUP);
- feature driven development;
- crystal methodology.

В качестве критериальной базы для анализа каждого инструмента предлагается использовать модель, предложенную Терентьевой З. С. в исследовании [3]. Совокупность критериев выглядит следующим образом:

1) сущность метода;
2) схема жизненного цикла проекта;
3) размер и состав проектной команды;
4) особенности применения;
5) достоинства и недостатки.

Результаты сравнительного анализа по критериальной базе представлены на рис. 1.

Модель	Сущность	Размер команды	Сфера применения	Сильные стороны	Слабые стороны
Scrum	Процесс включает в себя несколько переменных, которые меняются в течение жизненного цикла проекта.	6-8 человек	Разработка инновационного продукта	- клиенто- и рыночно - ориентированный подход; - возможность внесения изменений на любом этапе ЖЦ; - позволяет создать и выпустить на рынок MVP.	- высокая степень неопределенности временных границ проекта; - отсутствие внешнего контроля; - незнание заказчиком scrum.
Kanban	Оптимизация рабочих процессов путём визуализации и активной работы над незавершёнными задачами	6-8 человек	Разработка проекта в условиях отсутствия жестких сроков	- визуализация прогресса по проекту; - высокая степень сплоенности команды и ее профессионализм - гибкость планирования.	- отсутствие жестких временных ограничений; - высокая неопределенность бюджета проекта; - ограничения по командам.
Agile unified process	В конце каждой итерации команда должна предоставить работающую версию продукта	30-40 человек	Реализация долгосрочных и крупных проектов	- возможность внесения изменений при выполнени проекта - постоянное приращение функций - раняя нейтрализация рисков.	- сложность подхода; - разработка ТЭО; - стремление охватить весь преокт на этапе обследования.
Feature driven development	Функционально-ориентированная разработка, которая работает со свойством системы	20-30 человек	Реализация крупных проектов	- акцент на проектировании и изучении рынка; - итеративность разработки; - наличие команд на каждом этапе.	- зависимость от опыта и знаний ведущих специалистов; - значительный объем отчетности; - персональная ответственность.
Crystal	Итеративная разработка, классификация проектов и постоянное улучшение процессов	Зависит от типа проекта	Возможность применения в крупных и мелких проектах	- возможность применения для разных проектов; - непрерывная настройка модели; - простота и быстрое внедрение.	- отсутствие четкого процесса реализации проекта; - слабое формирование результата; - персональная ответственность.

Рис. 1. Анализ моделей гибкого проектного управления

Анализ подходов, представленный на рис. 1, показал, что на текущий момент разработано несколько методов проектного управления в условиях цифровой трансформации экономики. Каждый подход ориентирован на определенный размер проекта, а также обладает совокупностью сильных и слабых сторон, что свидетельствует об отсутствии универсальной модели цифрового менеджмента.

Кроме этого, рассмотренные фреймворки адаптированы под особенности цифровых экономик западных стран и не учитывают аутентичность процесса цифровизации российских рынков. Следовательно, прямая имплементация того или иного подхода может оказать негативное воздействие на деятельность хозяйствующего субъекта.

В подобной ситуации предлагается более детально изучить выделенные фреймворки с точки зрения возможности их применения в условиях цифровой экономики России. По результатам такого исследования будет получен ответ на вопрос: «Может ли использоваться какой-либо подход в чистом виде или же требуется ее адаптация под отечественные условия?»

1. Highsmith J., Cockburn A. Agile Software Development: The Business of Innovation, Software Development, 2001, no 9, pp. 120-122
2. Kumar R. Inside Agile Family Software Development Methodologies / R. Kumar, P. Maheshwary и T. Malche // INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER SCIENCES AND ENGINEERING, Vol.-7, Issue-6, June 2019. – p. 650-660.
3. Терентьева З. С., Гибкие методы управления проектами, анализ и сравнение / З. С. Терентьева, И. А. Хализова // Азимут научных исследований: экономика и управление . – 2019. – №1(26). – С. 374-376.

РОЛЬ ТРЕТЬЕЙ МИССИИ УНИВЕРСИТЕТОВ В ПРОДВИЖЕНИИ СОЦИАЛЬНЫХ ИННОВАЦИЙ

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

THE ROLE OF THE THIRD MISSION OF UNIVERSITIES IN SOCIAL INNOVATIONS PROMOTING

Pakhomova O.A.[1], Metelev D.A.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Currently, social innovation is considered as the main tool for resource mobilization to address social challenges, as a necessary element of technological innovation and socio-economic development. One of the main elements included in the concept of the "third mission" of universities.

В настоящее время социальные инновации рассматриваются как основной инструмент мобилизации ресурсов для решения социальных вызовов, как необходимый элемент технологических инноваций и социально-экономического развития и как инструмент для достижения большего социального результата меньшими усилиями[3]. Среди исследователей отсутствует единое теоретическое понимание социальных инноваций, что является скорее свидетельством многоаспектности явления, чем указывает на его недостаточную теоретическую разработанность.

Основными элементами социальных инноваций признается их социальная направленность, ориентация на достижение социальной цели; их релевантность и легитимность в сообществе, то есть то обстоятельство, что инновационные решения отвечают интересам и потребностям жителей, а также новизна для местного контекста и то, что социальные инновации основываются на активном межсекторном взаимодействии между разными группами участников. Социальные инновации развиваются в таких сферах, как здравоохранение и социальные услуги, образование и трудоустройство молодежи, мобильности населения, энергопотребления и т.д.

Вузы, помимо образовательной и исследовательской функций, играют роль точки социальной сборки региона, где центр знаний естественным образом становится центром социальной жизни [2, 4]. Социализация студентов, разработка стратегий развития территорий, создание комфортной городской среды и, как следствие, возможность удержать талантливых выпускников в родном регионе – только часть тех вещей, которые способен делать вуз при наличии соответствующего запроса и доброй воли к партнерству. Сегодня университеты реализуют «Три миссии»: 1. Тектонические сдвиги образования, 2. Наука-опора региона, 3. Общество, как базис для университета[5]. Одним из основных элементов, включаемых в понятие «третьей миссии» является фокус на развитии и трансфере социальных инноваций, формировании консорциумов с участием вузов, НКО, организаций социального предпринимательства, компаний, реализующих программы КСО, развития условий для социального добровольчества. Университеты в этом смысле – чрезвычайно перспективные точки. В них необходимо создавать творческие креативные пространства, куда могли бы приходить люди, проводиться конференции, мозговые штурмы – не по отвлеченным научным проблемам, а по конкретике развития территории[1].

Социальные инновации должны стать элементом развития экономики, потенциалом социальных инноваций как инструмента межсекторального сотрудничества и участия граждан в идентификации и решении социальных проблем совместно с университетами. Было отмечено, что их роль в удовлетворении социальных потребностей, а также в повышении возможностей участников для совместных действий, может иметь высокую значимость.

1. Головко Н.В., Зиневич О.В., Рузанкина Е.А. Третья миссия университета и модель многопользовательского управления для регионального развития // Сравнительная политика. 2018. № 1. С. 5-17.
2. Медушевский Н. А. Интерпретация третьей роли университетов на современном этапе/Н. А. Медушевский, О. В. Перфильева // Вестник РГГУ. Серия "Политология. История. Международные отношения. Зарубежное регионоведение. Востоковедение", 2016. – № 3. С.19-31
3. Пономарев А. В. [и др.]. Воспитательная среда университета: традиции и инновации: монография// Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2015. — 408 с. — ISBN 978-5-7996-1368-6.

4. Сорокин С.Э. Социальная миссия федеральных университетов. Практики воспитательной работы: монография / С.Э. Сорокин, Е.А. Согрина; Сев. (Арктич.) федер. ун-т. им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: САФУ, 2020 – 332 с.
5. Montesinos, P., Carot., J-M., Mora F. Third Mission ranking for world class universities: Beyond teaching and research // Higher Education in Europe. 2008. Vol. 33 (2–3). – P. 195–199

МОДЕЛИ ВЫЯВЛЕНИЯ ФАКТОВ О КОНКУРЕНТНОЙ СРЕДЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО РЫНКА

Роднин А.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: a.v.rodnin@urfu.ru

MODELS FOR IDENTIFYING FACTS ABOUT THE PHARMACEUTICAL MARKET COMPETETIVE ENVIRONMENT

Rodnin A.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. The open data-driven model for identifying facts about the pharmaceutical market is suggested. The model is based on the patent analytics tools used for the patent landscapes building.

В основе конкурентного поведения, наблюдаемого при анализе технологических портфелей фармацевтических организаций, лежит стремление сделать свои намерения неявными [1]. Наиболее ценная информация, которая могла бы дать исчерпывающую характеристику направления движения этих организаций, является предметом коммерческой тайны и потому скрыта от стороннего наблюдателя.

Однако управленческая деятельность любой фармацевтической организации, действующей на российском рынке, обязательно включает в себя патентование активных веществ инновационных лекарственных препаратов в Роспатенте, а также регистрацию этих препаратов в государственном реестре лекарственных средств (ГРЛС) Министерства здравоохранения. Несмотря на то, что данные Роспатента и Минздрава являются открытыми, извлечение из них обоснованных фактов требует проработки методического аппарата, учитывающего специфику предметной области [2].

В качестве основы для упомянутого методического аппарата предложена патентная аналитика на базе патентных ландшафтов [3]. Патентная аналитика позволяет исследователю получить знания о сложившейся ситуации на основе информации, содержащейся в патентных документах. При этом реальный ввод в гражданский оборот возможен для тех препаратов, которые включены в ГРЛС.

Совместное использование этих двух типов данных позволяет перейти на новый качественный уровень – выявление достоверных фактов о конкурентной среде.

Предложены модели выявления фактов, объединяющие создание патентных ландшафтов, категориальный анализ, ранжирование и интерпретирование. Предложены конфигурации моделей, позволяющие провести интерпретирование фактов о рынке в трех аспектах: вывод фактов о научно-технических компетенциях, сформировавшихся у фармацевтических компаний; вывод фактов о хронологии развития научно-технических компетенций; вывод фактов о локализации научно-технических компетенций на определенных территориях.

На рисунке 1 представлена диаграмма связей между ресурсами моделей выявления фактов.

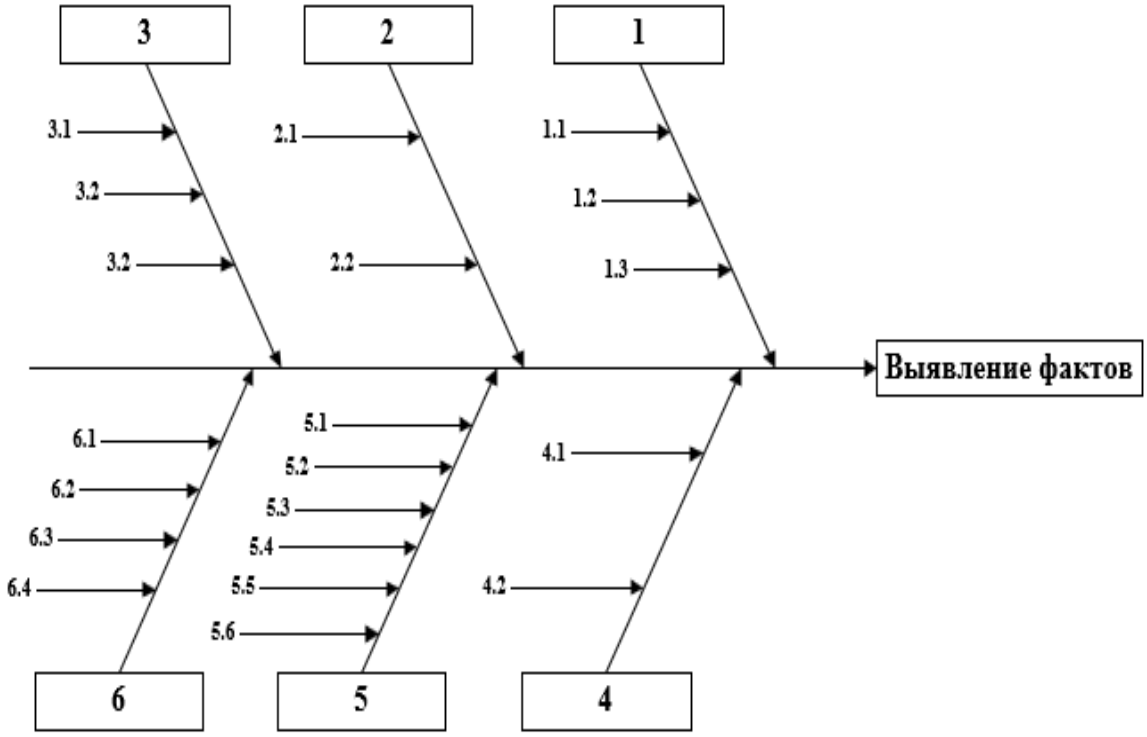


Рис.1. Диаграмма связей между ресурсами моделей выявления фактов

Спецификация ресурсов: 1 - Исходные данные для аналитики; 1.1 - Регламент информационного поиска; 1.2 - Структуры поисковых запросов; 1.3 - Правила информационного поиска; 2 - Источники "сырых" данных; 2.1 - БД ФИПС; 2.2 - ГРЛС; 3 - Результаты информационного поиска; 3.1 - Перечень организаций; 3.2 - Патентные портфели организаций; 3.3 - Продуктовые портфели организаций; 4 - Извлеченные данные о рынке; 4.1 - Патентные показатели; 4.2 - Регистрационные показатели; 5 - Результаты аналитики; 5.1 - Патентная активность; 5.2 - Коммерческая эффективность продуктов; 5.3 - Продуктово-техническая специализация; 5.4 - Наличие научно-технических кооперации; 5.5 - Уровень эффективности,

безопасности и качества продукции; 5.6 - Широта продуктовых линеек; 6 - Выявленные факты; 6.1 - Потенциальная востребованность продукции; 6.2 - Успешность опыта работы; 6.3 - Опыт специализации в выбранном направлении; 6.4 - Поведение при выборе партнеров.

1. Кортов С.В., Шульгин Д.Б., Роднин А.В., Каримова А.А. Распределение технологических компетенций в области разработки противодиабетических средств в регионах Российской Федерации //Экономика региона. – 2019. – Т. 15. – №. 4
2. Каримова А.А., Роднин А.В. Возможности использования метода категориального анализа продуктовых портфелей фармацевтических организаций //Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения [Электронный ресурс], Екатеринбург, 10-12 апреля 2019 г. —Екатеринбург: Изд-во УГМУ, 2019. —Том 2. –1600с Екатеринбург: ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России, 2019. С. 1441-1444. Т. 2.
3. Trippe A. Guidelines for preparing patent landscape reports //Patent landscape reports. Geneva: WIPO. – 2015. – С. 2015.

ОСНОВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ТРЕБОВАНИЯХ К ОРГАНИЗАЦИЯМ, ОКАЗЫВАЮЩИМ УСЛУГИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Рожкова Д.А.[1], Спиридонов Д.М.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: rogkova11@bk.ru

THE MAIN CHANGES OF REQUIREMENTS FOR ORGANIZATIONS PROVIDING SERVICES IN THE FIELD OF ENSURING THE MEASUREMENTS UNIFORMITY

Rozhkova D.A.[1], Spiridonov D.M.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The Order No. 707 dated 26.10.2020, containing the accreditation criteria and the list of necessary documents, came into force from 01.01.2021. This work considers the main requirements changes for persons providing services in the field of ensuring the measurements uniformity.

Работы по обеспечению единства измерений в России осуществляются на основании Федерального закона Российской Федерации от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» [1].

Аккредитация в области обеспечения единства измерений осуществляется в целях официального признания компетентности организации Федеральным органом исполнительной власти – Федеральной службой по аккредитации, осуществляющим функции по формированию единой национальной системы аккредитации.

Ранее Критерии аккредитации и перечень необходимых документов для подачи заявки на аккредитацию устанавливал Приказ Минэкономразвития России от 30.05.2014 № 326 [2], в октябре 2020 года утвержден Приказ Минэкономразвития России от 26.10.2020 № 707 [3], вступающий в силу с 01.01.2021.

Согласно новым Критериям аккредитации лиц, выполняющих работы по обеспечению единства измерений, изложенным в Приказе Минэкономразвития России от 26.10.2020 № 707, изменения коснулись как самих требований к аккредитованным лицам, так и перечня документов, представляемого в национальный орган по аккредитации.

Для каждого типа аккредитованного лица, выполняющего работы по обеспечению единства измерений, новые Критерии установили отдельные требования, приведенные в положениях Федерального закона Российской Федерации от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».

Отдельным пунктом Критериев установлены требования к аккредитованным лицам, выполняющим работы по калибровке средств измерений, которые должны соответствовать требованиям ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. [4].

Претерпели изменения требования к системе менеджмента качества организации, а также к должностным лицам (менеджерам по качеству), которые внедряют, поддерживают и совершенствуют данную систему.

В целях исполнения требований Приказа Минпромторга России от 31.07.2020 №2510 [5], который установил обязательство передачи сведений о результатах поверки в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, внесены соответствующие изменения в Критериях аккредитации и формах документов, подтверждающих соответствие лица данным Критериям.

В настоящей статье приведен анализ основных изменений в Критериях аккредитации, который позволит организациям, оказывающим услуги по обеспечению единства измерений, адаптироваться к новым требованиям в кратчайший срок и пройти процедуру аккредитации избежав несоответствий изменениям Критериев аккредитации.

1. Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»
2. Приказ Минэкономразвития России от 30.06.2014 № 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»
3. Приказ Минэкономразвития России от 26.10.2020 № 707 «Об утверждении Критериев аккредитации, перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации»
4. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий
5. Приказ Минпромторга России от 31.07.2020 №2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке»

AGILE ПОДХОД В ПРОЦЕССЕ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК

Шалина Д.С.[1], Степанова Н.Р.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: d.shalina2011@yandex.ru

AGILE APPROACH IN THE PROCESS OF COMMERCIALIZATION OF INNOVATIVE DEVELOPMENTS

Shalina D.S.[1], Stepanova N.R.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We propose to use an Agile approach in the process of commercialization of scientific and innovative developments. A flexible approach will optimize the effective development of innovation activities. The application is considered at different levels (universities, Russia and the world).

С каждым годом инновации приобретают все большее распространение и становятся условием устойчивого развития предприятий, отраслей и экономики в целом.

Россия занимает 47 место по уровню глобального инновационного индекса и 30 место по уровню человеческого капитала. Основной причиной сложившейся ситуации является небольшая эффективность институтов, которые формируют условия для предпринимательской и творческой деятельности [1, 2]. Кроме того, медленное развитие инновационного потенциала связано с низким уровнем коммерциализации научных разработок. Активизировать научно-инновационную деятельность возможно через взаимодействие государства, бизнеса и ученых при условии готовности и возможности к трансформациям [3].

Способность изменяться и использовать гибкие подходы в работе преобразует компании и обеспечивает устойчивое развитие [4].

В работе предлагается решить данную проблему с помощью гибкого подхода Agile. Agile представляет собой подход или даже способ мышления в разработке и реализации нового продукта. Применяется преимущественно в IT-сфере, которая характеризуются неопределенностью финансового результата и подверженностью изменениям внешней среды [5]. Идентичными характеристиками обладает научно-инновационная деятельность.

Гибкий подход проектного управления обеспечивает команду возможностью изменяться, улучшать внутренние коммуникации и включать заказчика в сам процесс разработки [5, 6].

Agile предполагает использование гибкого мышления, которое создает конкурентное преимущество, свободу для реализации нового продукта и быстрое удовлетворение потребностей клиентов [6].

Agile-подход может быть использован в процессе разработки научного и инновационного продукта. При этом он может быть внедрен как в отдельный элемент процесса разработки или как общее мышление. Хорошим примером является биофармацевтическая компания PTC Therapeutics [4]. Для повышения эффективности работы и быстрого масштабирования она приняла agile в командном управлении. Так руководители могут управлять большим объемом работ и программ без потери их успешности.

Сейчас достаточно сложно иметь конкурентное преимущество в динамичной среде, наполняемой инновационными разработками. Agile-подход решает эту проблему с помощью гибкого мышления. В научной сфере использование подобных методов противоречиво, но очень эффективно и перспективно. Адаптация выходит на первый план даже в науке.

1. Gokhberg L. M., Gershman M. A., Rud V. A. and Streltsova E. A. Global Innovation Index-2020. Institute of Statistical Research and Knowledge Economics. 2020 [Electronic resource]. URL: https://issek.hse.ru/news/396120793.html
2. Karpycheva C. A. Development of an algorithm for the process of commercialization of developments in scientific organizations. Bulletin of the Moscow University. 2017. No. 5, 125-144 (2017).
3. Fiore A., West K. and Segnalini A. Why Science-Driven Companies Should Use Agile. Harvard Business Review. 2019 [Electronic resource]. URL: https://hbr.org/2019/11/why-science-driven-companies-should-use-agile
4. Loktionov D. A. and Maslovsky V. P. Criteria for applying the Agile methodology for project management. Creative Economy. 2018. Vol. 12, No. 6, 839-854.
5. Borba J. C., Trabasso L. G. and Pessoa M. V. Agile Management in Product Development. Research-Technology Management. 2019. 62:5, 63-67.

КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Шмелева К.В.[1], Зайцев Д.В.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: shmeleva_kv@frpso.ru

INDUSTRIAL ENTERPRISE PRODUCTION PLANNING SYSTEM MANAGEMENT CONCEPT

Shmeleva K.V.[1], Zaitsev D.V.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In the article the industrial enterprise production planning system management concept is presented that allows to improve enterprise effectiveness and also to align the existing planning system to customer requirements.

В условиях стремительного развития мировой рыночной экономики перед Россией стоит важная задача найти новые источники экономического роста. Промышленность является важнейшей частью экономики любой страны. Посредством взаимодействия со всеми отраслями хозяйственного комплекса промышленные предприятия имеют решающее влияние на уровень экономического развития общества.

Таким образом, в 2018 году были выбраны 12 стратегически важных направлений развития страны, при чем приоритетным направлением считается создание в базовых отраслях экономики воспроизводительного экспортно-ориентированного сектора, развивающегося на основе современных технологий. Для решения поставленных задач были разработаны и утверждены 2 национальных проекта «повышение производительности труда и поддержка занятости» и «цифровая экономика» с амбициозными целями, одной из которых является освоение мирового рынка отечественными предприятиями, что представляет собой сложный и многоступенчатый процесс, который требует решения комплекса существующих проблем на предприятиях [1].

Зарубежные потребители предъявляют не только высокие требования к качеству и безопасности потребляемой продукции, но и к надежности, лояльности и культуре поставщика, прозрачности и управляемости его собственной производственной системы. Именно правильно выстроенная система планирования является основополагающим фактором, обеспечивающим ритмичность работы предприятия и выполнение заказов требуемого качества в срок.

Тут предприятие встает перед трудной задачей: как использовать свои ресурсы максимально эффективно и, в то же время, выбрать наиболее подходящую научную концепцию управления планированием производственных процессов для данного типа производства. Стоит вопрос: необходимо ли внедрять сложную

информационную систему управления предприятием на основе различных ERP-методологий или же искать и использовать собственные резервы и идти по пути ручного управления с помощью вытягивания заказов, что, в свою очередь, является не рациональным в эпоху развития цифровизации.

Для решения данной проблематики в рамках исследования был проведен анализ подходов к управлению системой производственного планирования, доказано влияние различных систем оперативно-производственного планирования на экономические и финансовые показатели предприятия, разработаны методические рекомендации по самодиагностике предприятия и его системы планирования, а также разработан и опробован на одном из предприятий Свердловской области алгоритм выбора оптимальной системы производственного планирования на промышленном предприятии.

В работе использованы следующие методы исследования: методы математического моделирования, сравнительного анализа, бережливого производства, оценки рисков.

Разработанные методические рекомендации и положения позволит при организации управления системой оперативного производственного планирования повышать собственную эффективность деятельности, а также выстроить систему под существующие требования потребителей.

Выражаю благодарность Региональному центру компетенций в сфере производительности труда Свердловской области за предоставленную возможность проведения данного исследования.

1. Российская Федерация. Указы Президента. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: указ Президента: [вступил в силу с 7 мая 2018 г.]. — М.: Кремль, — 2018. — 19 с.

НОВЫЕ МЕТОДЫ РАБОТЫ ПО ПРОГРАММЕ ИППСУ ВСЛЕДСТВИЕ ПАНДЕМИИ

Смирнова И.А.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

E-mail: smirnova.irast@yandex.ru

NEW METHODS OF WORK ON THE PROGRAM IPPSS DUE TO THE PANDEMIC

Smirnova I.A.[1]

[1)] The Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin

The article deals with the problem related to the implementation of an individual program for the provision of social services during a pandemic.

Понятие "ограниченные возможности здоровья" можно рассмотреть в рамках медицинского и социального подходов. Медицинская модель представляет лицо, имеющее нарушения физического и (или) психического развития. Социальная модель предполагает результат взаимодействия между имеющимися нарушениями здоровья людей и средовыми барьерами, которые мешают их полному и эффективному участию в жизни общества.

В настоящий момент существует 8 видов ОВЗ. Одним из которых является нарушения речи. Среди причин возникновения (по данным Т. Г. Егорова, А. Н. Корнева, Р. И. Лалаевой, Р. Е. Левиной и др.) могут быть: отставание в созревании мозговых структур; недоразвитие общей моторики; недостаточная сформированность зрительно-пространственных представлений; нарушение устной речи, а именно звукопроизношения, словаря, лексико-грамматического строя языка и, как следствие, связной речи; несформированность фонематических процессов; воздействие неблагоприятных социальных и средовых факторов [1,2,4].

Естественно, что все эти отставания существенно затрудняют овладение ребенком таким процессом как чтение. У него оказываются несформированными необходимые для этого предпосылки, которые должны быть заложены уже к концу дошкольного периода.

Осознание родителями феномена «мой ребенок не такой как все» зачастую пугает их. Большее время семья уделает времени на доказательство полноценного здоровья своего чада (физического, душевного и социального благополучия), нежели своевременному оказанию помощи ему.

Вследствие угрозы распространения коронавирусной инфекцией на территории РФ ввели дистанционную форму работу. Данную форму работы можно назвать инновационной социальной технологией, которая позволяет создать качественные изменения в различных сферах жизнедеятельности.

Для помощи родителям имеющих ребенка с нарушениями необходима всесторонняя помощь. На уровне социальной политики родитель и ребенок сможет получить индивидуальную программу предоставления социальных услуг. В рамках данной программы непосредственно и будет работа с нарушениями чтения.

Специализированная помощь детям имеющих трудности в овладении навыка чтения проходит по следующим этапам:

-работа с логопедом;

-использование веб-приложения SLOGY для дистанционной помощи по формированию навыка чтения [3].

Данная компьютерная программа игровых упражнений создает цифровую развивающую среду, оптимальную для осознания, закрепления и автоматизации навыков чтения. Так как этот навык является базовым для всего последующего образования, то подготовка к обучению чтению у старших дошкольников является важным аспектов для его социализации.

1. Егоров, Т. Г. Психология овладения навыком чтения / Т. Г. Егоров. – Москва : Акад. пед. наук РСФСР, 1953. – 263 с.
2. Корнев, А. Н. Нарушения чтения и письма у детей / А. Н. Корнев. – Санкт-Петербург : МиМ, 1997. – 286 с.
3. Корнев, А. Н. Онлайн-платформа для детей 6-12 лет, их родителей и специалистовм-Режим доступа : https://slogy.ru/ , свободный.
4. Лалаева, Р. И. Нарушение процесса овладения чтением у школьников : учеб. пособие для студентов дефектол. фак. пед. ин-тов / Р. И. Лалаева. – Москва : Просвещение, 1983. – 136 с.

ОТРАСЛЕВАЯ ПРОБЛЕМАТИКА РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Зайцев Д.В.[1], Шульгин Д.Б.[1]

[1)] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: dima.zajtsev@yandex.ru

SECTORAL PRODUCTION SYSTEMS DEVELOPMENT PROBLEMS BASED ON LEAN PRINCIPLES

Zaitsev D.V.[1], Shulgin D.B.[1]

[1)] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In the article the sectoral production systems development problems based on lean principles are presented that allows to define the whole features list and also the multi-industry model for the development of production systems. The article contains investigation results of the existing problems.

В современных рыночных условиях ведения бизнеса цена, качество и сроки поставки являются ключевыми характеристиками выбора продукции (услуги) потребителем, а, в следствие, являются основными факторами успешности организации. Критическое значение каждого из трех данных факторов закладывается при реализации процессов, составляющих ключевой поток создания ценности продукции (услуги) и напрямую зависит от мощности работы оборудования, эффективности и производительности труда.

Производительность труда, в свою очередь, становится ключевым показателем экономического развития организации и государства. Сегодня Россия по производительности труда имеет значительное отставание от других развитых стран (данные 2016г.): США – 36 %, Германии – 37 %, Люксембурга – 27 %, Японии – 54 % [1]. Для решения этой проблемы Президент Российской Федерации 7 мая 2018 г. подписал указ № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», согласно которому до 2024 г. Правительству РФ требуется обеспечить рост производительности труда на средних и крупных предприятиях базовых несырьевых отраслей экономики не ниже 5 % в год [2].

Реализация данного указа ведется посредством экспертной и методологической помощи отечественным предприятиям по развитию их производственной системе на основе принципов и инструментов бережливого производства. Однако внедрение данных принципов и инструментов такой, на первый взгляд, универсальной методологии как бережливое производство, требует постоянного учета специфики каждой из отраслей промышленности, что и составляет основную отраслевую проблематику.

Для снижения сроков адаптации и снижения рисков неудачного внедрения методологии бережливого производства в любой отрасли требуется четко представлять специфические отраслевые особенности организации. С этой целью был проведен обзорный анализ исследований, а также результатов внедрения бережливого производства на предприятиях разных отраслей, определены и сгруппированы для них основные проблемы, а также проведено их исследование на реальных предприятиях Свердловской области, участвующих в реализации национального проекта «Производительность труда».

Понимание данной проблематики позволит в дальнейшем сформировать общий комплекс отраслевых особенностей развития производственных систем на основе принципов бережливого производства, а также разработать мультиотраслевую модель развития данных производственных систем, что, в свою очередь, даст возможность отечественным предприятиям самостоятельно развивать производственную систему, повышать собственную эффективность деятельности, а также повышать производительность труда.

Выражаю благодарность Региональному центру компетенций в сфере производительности труда Свердловской области за предоставленную возможность проведения данного исследования.

1. Производительность труда в России и в мире. Влияние н конкурентоспособность экономики и уровень жизни: аналит. вестник / Федер. Собр. Рос. Федерации – М.: СФ РФ, № 29 (628): 7 июня 2016 г. – 2016. – 78 с.
2. Российская Федерация. Указы Президента. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: указ Президента: [вступил в силу с 7 мая 2018 г.]. — М.: Кремль, — 2018. — 19 с.

ФТИ-2021

Научное издание

ФИЗИКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ
ФТИ-2021

VIII Международная молодежная научная конференция

Екатеринбург, 17-21 мая 2021 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,*
В. А. Косоротова, Н. Е. Мальцева

Подписано к использованию 15.05.2021.
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