Сборник тезисов
XI ежегодной конференции
Нанотехнологического общества России

Научное издание

Ответственный редактор к.б.н. Андреюк Д.С.

Научный редактор д.т.н. Быков В.А.

ISBN 2020: 978-5-9500377-6-4

Москва, 2020

XI Ежегодная Конференция Нанотехнологического общества России

17-20 декабря 2020

Оргкомитет

Быков В.А. (председатель), Пономарев А.Н., Патрикеев Л.Н., Кричевский Г.Е., Шур В.Я., Безносюк С.А., Павлов Б.П., Андреюк Д.С.

партнер Конференции

Фонд инфраструктурных и образовательных программ

группа РОСНАНО

ФОНД ИНФРАСТРУКТУРНЫХ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ
Группа РОСНАНО

ФОНД ИНФРАСТРУКТУРНЫХ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ
Группа РОСНАНО

ПОБЕДА БУДЕТ за НАНО!

Фонд инфраструктурных и образовательных программ – один из крупнейших институтов развития инновационной инфраструктуры в России. Создан в октябре 2010 года.

Цель деятельности Фонда – финансовое и нефинансовое развитие нанотехнологического и иных высокотехнологичных секторов экономики путем реализации национальных проектов, формирования инновационной инфраструктуры, трансформации дополнительного образования через создание новых учебных программ и образовательных технологий, оказания институциональной и информационной поддержки, способствующей выведению на рынок технологических решений и готовых продуктов, в том числе в области сквозных цифровых технологий.

Сегодня Фонд это:

- инвестиционная сеть из 13 наноцентров в 9 регионах России, которая стала базой для формирования в стране прорывных индустриальных направлений;
- более 200 образовательных программ для переподготовки персонала инновационных компаний;
- 70 профстандартов по перспективным инженерным профессиям, площадки по оценке квалификации;
- ресурсы электронного образования *edunano.ru* для инженеров, технопредпринимателей, студентов;
- линейка проектов для школьников и студентов как кадрового резерва для наноиндустрии;
- разработка 270 национальных и 66 «зеленых» стандартов, выдача подтверждений о снижении углеродного следа в созданных новых производствах, разрешений и сертификатов на инновационную продукцию в Системе «НАНОСЕРТИФИКА»; 9 региональных центров нормативно-технической поддержки инноваций по всей стране;
- проекты по стимулированию спроса на инновации в крупнейших отраслях экономики;
- работа над созданием благоприятной регуляторной среды для развития инновационных отраслей;
- участие в реализации межправительственного соглашения России и Израиля о сотрудничестве в области промышленных НИОКР;
- новые форматы популяризации нанотехнологий.

Председателем Правления Фонда, как коллегиального органа управления, является Председатель Правления ООО «УК «РОСНАНО» Анатолий Чубайс

Генеральный директор Фонда Андрей Свиваренко

Подробнее о Фонде
fiop.site

Участникам XI Конференции Нанотехнологического общества России

Уважаемые коллеги,

рад приветствовать вас от имени Фонда инфраструктурных и образовательных программ на XI Конференции Нанотехнологического общества России!

Общественный статус и репутация Нанотехнологического общества России позволяет объединять усилия признанных исследователей, молодых ученых, инженеров, технологов, преподавателей вузов и представителей деловых кругов в поисках практических решений при внедрении нанотехнологий в реальное производство. Задача эта очень амбициозная и трудная, в полной мере соответствующая стратегии работы нашего Фонда.

Очень важно, что спектр интересов конференции охватывает ключевые технологические направления развития наноиндустрии – микроэлектронику, новые материалы и покрытия, нанобиотехнологии, предоставляя возможность участникам определить и оценить вызовы, стоящие перед системами высшего образования и профессиональной переподготовки, обсудить гуманитарные и социальные аспекты внедрения нанотехнологических решений.

Желаю участникам провести плодотворную дискуссию и коллективными усилиями найти механизмы координации деятельности всех участников наноиндустрии!

Генеральный директор

Фонда инфраструктурных и образовательных программ

А.Г. Свинаренко

Уважаемые коллеги!

Эпидемия меняет нашу жизнь, но не может остановить наше стремление общаться и обмениваться опытом. Мы все-таки провели XI конференцию НОР в 2020 году!

Конференцию проходила онлайн, в три потока:

17 декабря 2020 - молодежная онлайн конференция, слушаем доклады студентов и школьников, с разбором выступлений и с рекомендациями по научной доработке представленных результатов

19 декабря 2020 - научный блок докладов, все секции в общем потоке, все доклады в одном онлайн-пространстве

20 декабря 2020 - подведение итогов, выступления по истории нанотехнологий в России, организационная часть, торжественное закрытие года

Пожалуйста, присылайте Ваши предложения по дальнейшему улучшению нашего научного бщества на адрес Секретариата НОР orgnanosociety@mail.ru

Будем обязательно встречаться снова – физически или виртуально – но обязательно будем!

Президент Нанотехнологического общества России

д.т.н., профессор В.А. Быков

Оглавление

Нанотехнологии в микроэлектронике и приборостроении 10

ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ПЛАНАРНЫХ НАНОСТРУКТУР МЕТОДОМ ПРОТОН ИНДУЦИРОВАННОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ЭМИССИИ 11

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ УЛЬТРА БОЛЬШИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ 13

ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОАКТИВНОЙ МЕТКИ .В УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУРАХ АЛЬФА-ЧАСТИЦАМИ, УСКОРЕННЫМИ НА ЦИКЛОТРОНЕ 15

ПОЛУЧЕНИЕ СУПЕРГИДРОФОБНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТОДАМИ PECVD 16

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПРИСАДОК НА ТРЕНИЕ И ИЗНОС 18

ВЫДЕЛЕНИЕ ФУЛЛЕРЕНОВ С60 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОСТАВНОГО ФИЛЬТРА КОЛОНОЧНОГО ХРОМАТОГРАФА 20

РОССИЙСКИЙ ПРИБОР ДЛЯ ПРЯМОГО ИЗМЕРЕНИЯ ЧИСЛЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ НАНОЧАСТИЦ В ЖИДКИХ СРЕДАХ 21

СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ ПЛАЗМОННЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕНСИБИЛИЗИРОВАННЫХ КРАСИТЕЛЯМИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ 22

Солнечные элементы: роль наночастиц в Сенсибилизированных Красителем Солнечных Элементов (СКСЭ) для повышении эффективности 25

Стенд для снятия ВАХ мемристоров на основе аппаратной вычислительной платформы Arduino 27

ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ УЛЬТРА БОЛЬШИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ ПАМЯТИ И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ 29

МОДЕЛЬ СВЯЗИ ПАРАМЕТРОВ ТЯЖЁЛЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МИКРОСИСТЕМ 31

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЯЧЕЙКИ МЕМРИСТОРНО-ДИОДНОГО КРОССБАРА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ АППАРАТНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ НЕЙРОПРОЦЕССОРА 33

Нанотехнологии в ТЭК 35

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОПОРИСТОГО НАНОКОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ КОЛЛАГЕНА С МАГНИТНЫМИ ЧАСТИЦАМИ ДЛЯ СОРБЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ 36

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СШИТОГО КОЛЛАГЕНА ДЛЯ СОРБЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ 38

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ МАРСА ДЛЯ СОЗДАНИЯ РАДИАЦИОННОГО ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА И РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ИЗ МАРСИАНСКИХ НАНОМАТЕРИАЛОВ 40

Нанокомпозитные полимеры 42

ПОЛУЧЕНИЕ БИОРАЗЛАГАЕМОГО ПЛАСТИКА ИЗ ПАНЦИРЕЙ ЧЛЕНИСТОНОГИХ 43

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ОБРАТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ НА ОСНОВЕ СОПОЛИМЕРА СТИРОЛА И ДИВИНИЛБЕНЗОЛА....45

ИЗУЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ТВЁРДЫХ ЛИПИДНЫХ НАНОЧАСТИЦ, ОБРАЗОВАННЫХ СТЕАРИНОВОЙ КИСЛОТОЙ....47

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАНОКАПСУЛ В еЛИПОСОМАХ....50

ФОРМИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ МЫШЦ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКОН НА ОСНОВЕ РЕГУЛИРУЕМЫХ НАНОСТРУКТУР....53

ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ НЕНАСЫЩЕННОЙ ПОЛИЭФИРНОЙ СМОЛЫ С НАНОЧАСТИЦАМИ Al_2O_3....55

ВЛИЯНИЕ СТЕАРАТА АЛЮМИНИЯ НА СТАБИЛЬНОСТЬ ТВЕРДЫХ ЛИПИДНЫХ НАНОЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ СТЕАРИНОВОЙ КИСЛОТЫ....57

Наноструктурированные покрытия....59

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ИНВЕРТИРОВАННЫХ ОПАЛОВ СЕРЕБРА....60

ВЗАИМОСВЯЗЬ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ И АНТИАДГЕЗИЙНЫХ СВОЙСТВ УЛЬТРАТОНКИХ (НАНОРАЗМЕРНЫХ) ФТОРПОКРЫТИЙ....62

МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ В ПРОЦЕССАХ СИНТЕЗА НАНОПЛЕНОК....64

НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ЛЕГИРУЕМЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ МЕТОДОМ ВИБРОПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ....66

Наноструктурированные металлы и керамики....68

МЕХАНОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ $Nd_2Fe_{14}B$....69

ЭЛЕКТРОТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, АРМИРОВАННЫХ НАНОСТРУКТУРНЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ ЧАСТИЦАМИ....71

ЭМИССИЯ ЗАРЯДОВ И ИОНОВ МЯГКИХ МЕТАЛЛОВ В МАСЛА....72

СИНТЕЗ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ МЕТОДОМ SPS....75

Дефектная структура и электронно-оптические свойства прозрачной нанокерамики алюмомагниевой шпинели....77

ХИМИЧЕСКОЕ ПОЛИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЯ С ПОМОЩЬЮ ОБРАТНЫХ МИКРОЭМУЛЬСИЙ ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ, СОДЕРЖАЩИХ КИСЛОТУ....79

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ТМО НА КОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ПРОКАТА ИЗ ЛЕГИРОВАННОГО СКАНДИЕМ И ЦИРКОНИЕМ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ AL-MG 01570....81

О СТРУКТУРЕ И АДСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВАХ ПОРОШКА АСД-4 МОДИФИЦИРОВАННОГО ФОРМИАТОМ МЕДИ....83

Технологии и явления наноразмерных объектов....85

СИНТЕЗ ФУЛЛЕРЕНОВ В ДУГОВОМ РАЗРЯДЕ....86

ПОЛУЧЕНИЕ ЭНДОЭДРАЛЬНЫХ ФУЛЛЕРЕНОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ 88

СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТЕН МЕТОДОМ PECVD 91

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ СУПЕРОКСИДНОГО ИОН-РАДИКАЛА НАНОМОЛЕКУЛЯРНОЙ СИСТЕМОЙ ФУЛЛЕРЕНОЛА-24 93

МАГНИТО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАЛЫХ НАНОЧАСТИЦ FE, CO, NI В РАСЧЕТАХ МЕТОДАМИ ФУНКЦИОНАЛОВ ПЛОТНОСТИ BP86/B3LYP 95

ВТОРАЯ КВАНТОВАЯ РЕВОЛЮЦИЯ: КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СУБАТОМНОГО УРОВНЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ 97

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИОДОСТАННАТОВ(IV) И ИОДОКУПРАТОВ(I) ЦЕЗИЯ 99

ГЕНЕРИРОВАНИЕ ШИРОКОГО СПЕКТРА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ НАРУШЕНИИ НАНОГРАНИЦ РАЗДЕЛА (АДГЕЗИИ) 101

ПРЕОБРАЗОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ В РАСТЕНИЯХ КОЛЕБАНИЯМИ НАНОМЕМБРАН 103

ДИСПЕРСНОСТЬ НАНОЭМУЛЬСИЙ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ МАСЛАМИ 105

ВЗАИМОСВЯЗАННЫЕ СОСТОЯНИЯ ПОТОКОВ НАНОЧАСТИЦ И ФОТОНОВ ПРИ ЛАЗЕРНОМ ИСПАРЕНИИ 108

О РОЛИ НАНОМЕМБРАН РАСТЕНИЙ В ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ, ОПТИЧЕСКИХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ АВТОКОЛЕБАНИЙ 110

Modeling the influence of structure modification of low-size ZnO, β-C_3N_4, InSe and single-layer Boron on their physical properties 112

СИНТЕЗ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК СО СТРУКТУРОЙ ЯДРО/ОБОЛОЧКА CdSe/CdS ОДНОСТАДИЙНЫМ МЕТОДОМ 114

СИНТЕЗ ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ МЕТОДОМ В ЖИДКОЙ ФАЗЕ ФЕРРОМАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ, ИММОБИЛИЗОВАННЫХ В УГЛЕРОДНУЮ МАТРИЦУ 116

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ ПРИ СОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ 118

ДИНАМИЧЕСКОЕ ФОРМИРОВАНИЕ НАНОСТРУКТУР В ОБЪЕМНЫХ И МИКРОВОЛОКОННЫХ КОМПОЗИЦИЯХ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ 120

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ε-Fe_2O_3 В МАТРИЦЕ ПЛОТНОУПАКОВАННЫХ ЧАСТИЦ SiO_2 122

Нанотехнологии 124

в строительстве 124

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРА ПРИРОСТА НАПРЯЖЕНИЙ ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРОВ ПРИ ДЕФОРМИРОВАНИИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАСТЯГИВАЮЩИХ НАГРУЗОК* 125

Нанобиотехнологии 127

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ГОМЕОСТАЗ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ 128

ТЕРМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ НОСИТЕЛЯ ДЛЯ ТРАНСДЕРМАЛЬНОЙ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ ЛЕЦИТИНА 130

ВЛИЯНИЕ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРА НА УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ В БИОЛОГИЧЕСКОМ НАНОМАТЕРИАЛЕ 132

МАГНИТНЫЕ ЧАСТИЦЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ РЕГИСТРАЦИИ В БИОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ 134

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТЕЙ 136

КЛОНАЛЬНОЕ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ МЯТЫ ПОЛЕВОЙ В КУЛЬТУРЕ IN VITRO 138

СВОЙСТВА И ЦИТОТОКСИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛИПОСОМНОГО САНГВИНАРИНА 140

ЭКОЛОГИЧНОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НАНОПЕРЕСТРОЙКАМИ В ДРЕВЕСИНЕ ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ 141

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ И ИХ ОКСИДОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ, РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ 143

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ ОТДАЛЕННЫХ ТОКСИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ 145

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ НА КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА 148

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ И КОБАЛЬТА НА УСТОЙЧИВОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ BACILLUS CEREUS 151

НАНО- И МИКРО- ПРЕВРАЩЕНИЯ ВОЛОКОН ПАУТИНЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ 154

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА «НАНОТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ» 157

СИММЕТРИЯ ВО ВРЕМЕНИ 161

КЛЮЧЕВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СОЦИАЛЬНЫХ ГРУПП ДЛЯ АНАЛИЗА ЭВОЛЮЦИИ ИДЕЙ 164

Нанотехнологии в микроэлектронике и приборостроении

ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ПЛАНАРНЫХ НАНОСТРУКТУР МЕТОДОМ ПРОТОН ИНДУЦИРОВАННОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ЭМИССИИ

А.И. Авилкин[1], В.К. Егоров[2], Е.В. Егоров[2,3,4], М.С. Афанасьев[3]

1) Российский университет дружбы народов, Москва, Alexander.Avilkin@yandex.ru

2) Институт проблем технологии микроэлектроники РАН, Черноголовка, egorov@iptm.ru

3) Институт радиотехники и электроники, Фрязино

4) Финансовый университет при Правительстве России, Москва

Использование инструментальных методов элементного анализа материалов показало, что наиболее простым, наименее затратным и к тому же не разрушающим методом такого анализа является рентгенофлуоресцентная спектрометрия [1]. Такой анализ основан на расшифровке спектров выхода характеристической рентгеновской флуоресценции, возбуждаемой внешним воздействием на исследуемый объект. Для ее возбуждения могут быть использованы потоки жесткой рентгеновской или гамма радиации, а также высокоэнергетические пучки электронов и ионов. Наиболее распространенным средством возбуждения характеристической рентгеновской флуоресценции являются потоки жесткого рентгеновского излучения с применением лабораторных радиационных источников. Стандартный рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) материалов ориентирован на элементную диагностику, усредненную по объему материала, определяемого величиной глубины проникновения потока возбуждения и параметрами поглощения характеристической радиации в самом материале. Наиболее серьезным фактором, влияющим на количественную эффективность такого анализа, является так называемый матричный фактор – явление взаимного влияния радиационного выхода характеристической рентгенофлуоресценции. Проявление этого фактора может быть эффективно подавлено путем применения специальной геометрии возбуждения флуоресцентного выхода, используя явление полного внешнего отражения потока возбуждающего рентгеновского излучения на поверхности тестируемого объекта. Такие измерения принято называть рентгенофлуоресцентным анализом при полном внешнем отражении (РФА ПВО) [2]. Этот метод является уникальным средством для количественного элементного анализа наноразмерного поверхностного слоя материала толщиной 3-5 нанометров. Помимо блокировки матричного эффекта, РФА ПВО спектрометрия характеризуется резким, в сравнении с обычными РФА измерениями, снижением интенсивности фоновой составляющей, что позволяет достичь пределов обнаружения элементов на уровне 10^{-6}% ат. Более того, включение в измерительную схему

РФА ПВО спектрометра плоских рентгеновских волноводов-резонаторов (ПРВР) позволяет снизить пределы обнаружения примесей еще на два порядка. В то же время, РФА и РФА ПВО спектрометрия, ориентированная на применение рентгеновского возбуждения характеристической флуоресценции, характеризуется пониженной эффективностью концентрационного анализа элементов с низкой энергией выхода рентгенофлуоресценции. В этих условиях оказывается полезно использовать спектрометрию протон индуцированной рентгеновской эмиссии (PIXE), наиболее эффективной в энергетической области возбуждения рентгенофлуоресценции E<5 кэВ [3]. Однако в стандартном исполнении метод не ориентирован на элементный анализ поверхности материала, поскольку при его применении регистрируемый спектр фиксирует рентгенофлуоресцентный выход из всего возбуждаемого объема. Включение в экспериментальную схему PIXE измерений ПРВР специальной конструкции позволяют создать условия регистрации выхода рентгенофлуоресценции только из поверхностного слоя анализируемого объекта толщиной 3-5 нанометров [4]. В этом случае волноводно-резонансная структура формируется плоскостью полированного Be диска с отверстием в центре для прохождения возбуждающего ионного пучка и с полосками Ti на краях для обеспечения образования наноразмерного щелевого зазора и поверхностью исследуемого материала. Такая структура обеспечивает попадание в волноводно-резонансный канал излучения характеристической флуоресценции только поверхностного слоя, а ПРВР транспортирует это излучение практически без ослабления к регистратору рентгеновской радиации. Таким образом, можно констатировать появление нового метода элементной диагностики поверхности, характеризующейся высокой эффективностью анализа легких элементов (PIXE-TXRF). В то же время, несмотря на то, что он регистрирует элементный состав тонкого поверхностного слоя, этот метод не лишен влияния матричного эффекта. В рамках его применения блокировка матричного эффекта может быть достигнута в условиях каналирования ионов в изучаемой структуре. Известно, что при осевом каналировании в монокристаллах и эпитаксиальных структурах ионный пучок испытывает небольшое рассеяние на ядрах атомов поверхностного слоя тестируемого материала. Толщина этого слоя не превышает 2-3 межатомных расстояний, т.е. близка к 1 нанометру. Явление осевого каналирования характеризуется резким уменьшением выхода рентгенофлуоресценции из объема материала. Поэтому поверхностный слой не подвержен внутреннему рентгенофлуоресцентному облучению. В докладе представлено обоснование нового аналитического подхода к элементной диагностике поверхности, обсуждаются особенности конструкции модернизированного PIXE спектрометра и экспериментальные данные, полученные в результате исследований реальных объектов в

рамках этого подхода. Указано, что данный подход может быть весьма эффективен и в условиях проведения электроно-зондового анализа материалов.

[1] E.P. Bertin. Principles and practice of X-ray spectrometric analysis. Plenum: New York. 1975. 1095 p.

[2] R. Klockenkamper, A. von Bohlen. Total X-ray fluorescence analysis and related methods. Wiley: New York. 2015. 519 p.

[3] S.A.E. Johancen, J.L. Campbell, K.G. Malquist. Particle induced X-ray emission spectrometry (PIXE). Wiley: New York. 1995. 451 p.

[4] V.K. Egorov, E.V. Egorov, E.M. Loukianchenko. High effective TXRF spectrometry with waveguide-resonance devices application // Aspects Min. and Min. Sci. v2(4). 2018. pp. 1-23.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ УЛЬТРА БОЛЬШИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Блинов В.В.[1], Смирнов К.К.[2], Назаров А.В.[3]

1) ФНЦ НИИ системных исследований, Москва, vasiliy_blinov@srisa.ru

1) ФНЦ НИИ системных исследований, Москва: mail@konstantinsmirnov.com

3) Московский авиационный институт, Москва, rat-rut@yandex.ru

Уровень интеграции отечественных ультра больших интегральных схем (УБИС), реализующих «системы-на-кристалле», постоянно растет и уже сейчас достигает 6×10^9 транзисторов на кристалле при технологических нормах от 65 до 16 нМ. Как следствие, растет трудоемкость и стоимость разработки тестовых решений для проведения функционального контроля УБИС на производстве. Одновременно ужесточаются требования, предъявляемые к электрической оснастке: уменьшается напряжение питания, растут рабочие частоты, а число подлежащих тестированию выводов приближается к 2000. В этих условиях возникает необходимость поиска новых подходов к решению проблем тестирования УБИС, включая проблемы разработки электрической оснастки. В статье предлагается один из таких основополагающих подходов, открывающий

путь к полной автоматизации проектирования тестовых решений и базирующийся на установлении точного соответствия математической и топологической моделей УБИС.

В статье описываются возможности реализующего этот подход программно-аппаратного комплекса, который позволяет резко поднять уровень автоматизации этапа проектирования электрической оснастки для тестирования УБИС. Это проблемы учета особенностей разводки проводников на участке «оснастка – контролируемая ультра большая ИС», учета расположения элементной базы, учета массы технологических ограничений и проблемы, связанные с применением метода SCAN-тестирования через интерфейс JTAG. Указанный метод широко применяется в настоящее время при проведении отбраковочных испытаний ультра больших ИС, поскольку он резко увеличивает тестовое покрытие. Однако, этот метод предъявляет высокие требования к объему векторной памяти тестирующего оборудования. Современное оборудование тестового контроля позволяет объединять векторную память нескольких каналов оборудования с целью поддержки длинных тестов, таких как SCAN, однако при этом возникает ряд новых требований к электрической оснастке, которые необходимо учитывать при ее разработке. В статье предложен универсальный метод решения этой задачи, основные этапы которого сводятся к следующему. Разработчик алгоритма тестирования ультра больших ИС, используя язык STeeL, на котором базируется работа комплекса (автор Смирнов К.К.), описывает тестовую последовательность. В процессе трансляции алгоритма компилятор считывает файл описания тестирующего оборудования и формирует: файлы тестовых векторов, описания таймингов, уровней и исходные данные для разработки электрической оснастки. В результате работы алгоритма в автоматическом режиме определяется расположение микросхем оснастки относительно каналов тестера в соответствии с заданными требованиями.

Современные «системы-на-кристалле» реализуют одновременную поддержку таких интерфейсов, как PCI, PCIexpress, SATA2, DDR3, USB и др., что накладывает определенные требования по трассировке печатной платы электрической оснастки и использования каналов оборудования. Некоторые интерфейсы для передачи данных используют дифференциальные пары сигналов, что также необходимо учитывать при выборе каналов оборудования. При ручном назначении выводов

современных ультра больших ИС каналам тестирующего оборудования у инженера-конструктора может уходить до нескольких рабочих дней, что в свою очередь не исключает появления ошибок. Ситуацию может также усложнять то обстоятельство, что на производстве может находиться несколько единиц оборудования для проведения функционального контроля ультра больших ИС с различными характеристиками каналов и с поддержкой или ее отсутствием тех или иных возможностей (поддержка дифференциальных сигналов, объединение канальной памяти и т.д.). В докладе представлен внесенный в Государственный реестр «Программно аппаратный комплекс Functional Test Studio» (автор Смирнов К.К.) с помощью которого данная проблема решается в автоматическом режиме, причем для ее решения в статье предлагается ряд конструктивных методов, включая точные методы локальной оптимизации.

ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОАКТИВНОЙ МЕТКИ .В УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУРАХ АЛЬФА-ЧАСТИЦАМИ, УСКОРЕННЫМИ НА ЦИКЛОТРОНЕ

Ю.П. Бузулуков[1], А.А. Анциферова[1,2], В.Ф. Дёмин[1], П.К. Кашкаров[1,2,3], С.Т. Латушкин[1], С.Б. Сакута[1].

1) Национальный Исследовательский Центр «Курчатовский институт»,

2) Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), г. Долгопрудный, Московская область,

3) Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва.

Аннотация

Разработка способов количественного определения углеродных наноструктур (наноалмазы, нанотрубки, фуллерены и др.) в различных средах является актуальной задачей современной науки о наночастицах и наноматериалах, экологии и гигиены труда, медицины, экспериментальной биологии и фармакологии. Большое число технических решений основано на введение в исследуемые УН различных меток-маркеров в виде атомов других элементов, радиоактивных и изотопных меток, конъюгации с биологически активными структурами или на введение иных, легко обнаруживаемых меток. Основным недостатком введения меток является неизбежное влияние этих изменений на потребительские свойства УН и результаты научных экспериментов с их использованием. Использование радиоактивной метки-маркера полученной путем образования радиоактивного изотопа или трансмутации малой части (менее 10-6) атомов изучаемых наночастиц практически не меняет их физических и химических свойствтков, однако практическая реализация этого наиболее совершенного технического решения в общем случае дорога и трудозатратна.

Целью докладываемой экспериментальной работы является апробация метода, позволяющего получать углеродные наноструктуры, меченые радиоактивным изотопом бериллия-7, образовавшимся из ядер углерода-12 в результате облучения исходных углеродных структур альфа-частицами.

В докладе преставлено описание эксперимента по облучению образца из чистого углерода альфа-частицами с энергией 63 МэВ в течение 1 часа.

В результате гамма-спектрометрии образца обнаружена интенсивная спектральная линия с энергией 478 КэВ, соответствующая изотопу бериллия -7, возникающему в ходе ядерной реакции **^{12}C (α, ^{9}Be) ^{7}Be.** Период полураспада бериллия -7 составляет 53 дня, что вполне достаточно для проведения исследований в течение нескольких месяцев после изготовления препаратов из углеродных наноматериалов, меченых радиоактивным бериллием-7.

Чувствительность современных коммерчески доступных гама спектрометров высока,настолько что позволяет работать с активностями на уровне естественной радиоактивности человеческого тела, без опасности для здоровья персонала.

ПОЛУЧЕНИЕ СУПЕРГИДРОФОБНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТОДАМИ PECVD

С.А. Оразбаев[1,2], А.Т. Жунисбеков[1], Р.Е. Жумадилов[2], М.Т. Габдуллин[2,1],

Т.С. Рамазанов[1], Д.Г. Батрышев[3]

1) Институт экспериментальной и теоретической физики, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

2) Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан, rakimzhan@gmail.com

3) Атырауский государственный университет им. Х. Досмухамедова, г. Атырау, Казахстан

В качестве одной из наиболее важных частей в науке о поверхности супергидрофобные поверхности играют важную роль, как в фундаментальном исследовании функциональных материалов, так и в различных приложениях. Гидрофобные и супергидрофобные поверхности обладают рядом уникальных функциональных свойств – водонепроницаемостью, стойкостью к коррозии, устойчивостью к биообрастанию, к неорганическим, а в ряде случаев и к органическим загрязнениям.

Поэтому эта область исследований привлекает все больше внимания исследователей со всего мира [1-3].

Супергидрофобные поверхности получают путем сочетания морфологии шероховатой поверхности и покрытий с низкой поверхностной энергией [4]. Такие покрытия наносятся с помощью химических реакций с материалами с низкой поверхностной энергией, но эти методы обычно требуют нескольких этапов обработки и использования растворителей [5]. Использование плазмы является очень перспективным способом получения супергидрофобных поверхностей, поскольку такой подход уменьшает количество шагов, необходимых для изменения поверхности материалов. Кроме того, использование атмосферной плазмы обеспечивает много преимуществ, таких как сокращение времени обработки, а также затраты, связанные с системами высокого вакуума.

В данной работе были разработаны и исследованы методы получения гидрофобных поверхностей на основе углеродных наночастиц. В частности, получение гидрофобных поверхностей в плазме ВЧ разряда низкого давления. Кроме того, были представлены результаты анализа поверхности гидрофобных пленок, нанесенных плазменной струей атмосферного давления. Наблюдалось, что смачивающие характеристики различаются в разных плазменных средах и параметрах. Синтез наночастиц углерода проводился в плазме ВЧ разряда в смеси газов метан (3%) и аргона (97 %) при разных значениях давления, мощности и времени синтеза. Также были получены графики зависимости времени зарождения наночастиц от температуры газа при разных параметрах плазмы и распределение диаметра и концентрации наночастиц от времени синтеза в плазме Ar/CH_4. Мощность ВЧ разряда варьировалась в приделах 1÷50 Вт, а давление газа 0,1÷1 Торр. СЭМ анализ образцов свидетельствует о наличии углеродных наночастиц, шероховатости поверхности вне зависимости от отрицательного напряжения. СЭМ изображения полученного образца показывают, что диаметр синтезированных частиц в среднем ~ 280 нм, а толщина пленки ~ 68 нм, также плотность распределения средняя. То есть, шероховатость поверхности достаточна для получения гидрофобности.

Также были приведены экспериментальные результаты по синтезу гидрофобных поверхностей в низкотемпературной плазме атмосферного давления. Были определены оптимальные параметры плазмы для синтеза гидрофобных поверхностей, контактный угол с водой которых выше 150^0. Была проведена серия экспериментов для кремниевых и алюминиевых подложек, в которой внешний диаметр кварцевой трубки составило 6 мм, а внутрений 3 мм и длительность напыления 5, 10 мин, мощность ВЧ разряда варьировался

от 10 до 40 Вт с шагом 10 Вт. Напыления проводилась в потоке рабочего газа Ar/CH_4 при атмосферном давлении, поток газа составило 5 л/мин.

Литература

1. Л. Б. Бойнович, А. М. Емельяненко, Гидрофобные материалы и покрытия: принципы создания, свойства и применение // Успехи химии 77 (7) 2008, -С. 619.
2. Gould, P. (2003). Smart, clean surfaces. Materials Today 6, 44-48.
3. Chen, Y., Zhang, Y., Shi, L., Li, J., Xin, Y., Yang, T., and Guo, Z. (2012). Transparent superhydrophobic/superhydrophilic coatings for self-cleaning and anti-fogging. Applied Physics Letters 101.
4. E.L. Decker, S. Garoff, Contact line structure and dynamics on surfaces with contact angle hysteresis // Langmuir. – 1997. Vol. – 13. P. 6321
5. L. Zhai, F.C. Cebeci, R.E. Cohen, M.F. Rubner, Stable superhydrophobic coatings from polyelectrolyte multilayers// Nano Lett. – 2004. Vol. – 4. P. 1349

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПРИСАДОК НА ТРЕНИЕ И ИЗНОС

Д.В. Исмаилов[1,2], Г. Партизан[1,2], Т.Т. Айтасов[2], Е. А. Оспанбеков[2], А. Кайратулы[2]

1) Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа при КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, Ismailov_Daniyar_V@bk.ru
2) Казахский Национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

Большое внимание ученых со всего мира в последние годы привлекают антифрикционные материалы. Антифрикционные материалы предназначены для изготовления подшипников скольжения, которые широко применяют в современных машинах и приборах из-за их устойчивости к вибрациям, бесшумности работы, небольших габаритов. Эти материалы должны иметь минимальный коэффициент трения, структура покрытия должна обеспечивать антисхватывание, механические характеристики материала должны соответствовать эксплуатационным нагрузкам, должны быть достаточно износостойкими и пластичными. В связи с тем, что материалов имеющих необходимые антифрикционные характеристики не так много, для уменьшения трения применяют смазочные материалы.

Смазки наиболее применяемый вид материалов, которые способны изменять коэффициент трения трущихся поверхностей. И в дальнейшем мы планируем разработать антифрикционную жидкость в виде смазки. Для этого мы разрабатываем смазки на основе графитовых материалов, то есть на основе фуллеренов, получаемых газофазным методом. Фуллеренновые антифрикционные смазки предназначены для смазывания грубых тяжело - нагруженных механизмов (открытых шестеренчатых передач, резьбовых соединений, ходовых винтов, домкратов, рессор и др.). Допускается применять смазку при температуре ниже -20°C в рессорах и аналогичных устройствах. Смазка работоспособна при температурном интервале применения от -20 до 60°C [1]. В нашей работе используется машина самодельная установка Темкина. Данная машина дает возможность оперативно проверить качество смазывающих материалов на удержание масляной плёнки в парах трения при различных нагрузках. Машина Темкина имитирует работу какого-либо узла рабочих механизмов, где смазывающие материалы играют важную роль в быстроте износа деталей данных узлов.

В начальный момент трения происходит диспергирование верхних слоев пары трения с образованием тонкодисперсных частиц материала. Взаимодействуя со средой и с активными металлами окисленные формы материала восстанавливаются, и происходит химические соединения. В дальнейшем при установившемся режиме контактирующие поверхности покрываются тонкой пленкой материала, которая резко увеличивает фактическую площадь контакта (более чем в 10 раз). Это способствует увеличению долговечности узлов трения.

Таким образом, полученные смазочные материалы дают возможность к повышению коэффициента полезного действия на 1% приводит к увеличению мощности двигателя примерно на 4%, так как 25% КПД соответствует полной мощности двигателя. Снижение потерь в этой паре способствует не только увеличению мощности, но и значительной экономии топлива [2].

Список литературы

1. Talyzin A.V. New Fullerene Materials Obtained in Solution and by High Pressure High Temperature Treatment Acta Universitatis Upsaliensis. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 663. -2001. -54 p. Uppsala. ISBN 91-554-5138-1.

2. В.И. Мигунов, Л.А. Чатынян, Е.В. Иванов, Г.С. Антонова, Т.А. Соловьева. Износостойкие и антифрикционные материалы для узлов трения, 1982.

ВЫДЕЛЕНИЕ ФУЛЛЕРЕНОВ С60 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОСТАВНОГО ФИЛЬТРА КОЛОНОЧНОГО ХРОМАТОГРАФА

Керимбеков Д.С.[1], Габдуллин М. Т.[1,3], Батрышев Д.Г.[1], Мигунова А.А.[2], Исмаилов Д. В.[1]

1) Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа, Республика Казахстан, г.Алматы, daurenks@bk.ru

2) Казахский национальный университет им. аль-Фараби ,Республика Казахстан, г.Алматы

3) Казахстанско-Британский технический университет, Республика Казахстан, г.Алматы

Производство фуллеренов в промышленных масштабах в настоящее время возможно только путем сжигания графитовых электродов в дуговом разряде и осаждением в реакционной камере депозита, состоящего в основном из молекул C_{60} и C_{70}. При разделении этой смеси на фракции для воссоздания оптимизированного метода важное значение имеют простота, низкая себестоимость и эффективность.

В нашей работе фуллереновая сажа была получена в дуговом разряде в атмосфере гелия с содержанием фуллеренов около 7 %. Для выделения фуллеренов C_{60} использовалась комбинации методов экстракции Сокслета и колоночной хроматографии. Для солюбилизации применялся ортодихлорбензол (Sigma-Aldrich). Для фильтрации колонку заполняли активированным углем, силикагелем (размер гранул 100-300 меш) в разных пропорциях, по методу, предложенному в работе [1]. Удаление остатков растворителя осуществлялось на ротационном испарителе путём выдерживания образца при температуре 150 - 250 С в условиях динамического вакуума. Исследование выхода фуллеренов C_{60} выполнено методом полуколичественного фазового анализа на рентгеновском дифрактометре D8Advance (Bruker, Германия) и рамановской спектроскопии на установке Solver Spectrum (NT-MDT, Россия). Достигнута эффективность выделения С60 из депозита ~85%.

Список литературы

[1] Keypour H., Noroozi M., Rashidi A. An improved method for the purification of fullerene from fullerene soot with activated carbon, celite, and silica gel stationary phases// Journal of Nanostructure in Chemistry. – 2013,N3:45 (http://www.jnanochem.com/content/3/1/45).

РОССИЙСКИЙ ПРИБОР ДЛЯ ПРЯМОГО ИЗМЕРЕНИЯ ЧИСЛЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ НАНОЧАСТИЦ В ЖИДКИХ СРЕДАХ

В.Н. Курьяков[1], П.Н. Седенков[2]

1) Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, vladimir.kuryakov@gmail.com

2) Московский государственный педагогический университет, Москва, pavel.sedenkov@yandex.ru

В докладе приводится описание разработанного прототипа прибора NP Counter для измерения концентрации наночастиц в жидких средах и результаты измерений на данном приборе серии образцов наночастиц различной природы и размера.

В данном приборе для прямого измерения концентрации наночастиц в жидкости использована оптическая схема ультрамикроскопа. Можно сказать, что ультрамикроскоп – это обычный оптический микроскоп со специальным методом освещения образца. Метод освещения в ультрамикроскопе, по своему принципу схож с темнопольным методом освещения. В ультрамикроскоп, благодаря боковому освещению образца мощным направленным источником света (лазером), можно наблюдать рассеяние от отдельных частиц, находящихся в исследуемой жидкости. Сами наночастицы при этом не видны, ограничений связанных с дифракционным пределом здесь нет. Наличие цифровой камеры и специального программного обеспечения позволяют проанализировать в автоматическом режиме большой объем информации (цифровой видеосигнал с камеры) и измерить концентрацию наночастиц в исследуемом образце с хорошей точностью благодаря усреднению измеряемой величины на большом времени наблюдения.

Работа выполняется в рамках гранта Фонда содействия инновациям СТАРТ-1 (С1-65401)

СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ ПЛАЗМОННЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕНСИБИЛИЗИРОВАННЫХ КРАСИТЕЛЯМИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В.А. ЛАПШИНСКИЙ[1]

1) *Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, nano-e@mephi.ru*

В работе сделан обзор последних достижений в области повышения КПД сенсибилизированных красителями солнечных элементов (СКСЭ) [1-4]. В первую очередь эти достижения связаны с использованием в структурах СКСЭ плазмонных наночастиц (ПНЧ), рис. 1 [1-9]. Исследования показывают, что на эффективность СКСЭ влияют состав, форма и размеры ПНЧ, рис.2. При этом установлено, что ПНЧ нестабильны в редокс электролитах. Например, в электролитах на основе йода, традиционно используемых в СКСЭ. Также нестабильны ПНЧ и при высоко-температурном спекании для получения фотоанодов. Поэтому предлагается стабилизовать ПНЧ путем окружения оболочкой из оксидов металлов или полупроводников, в частности, TiO_2 или SiO_2. При таком подходе с целью повышения химической и термической стабильности в ПНЧ формируются структуры «ядро-оболочка». В качестве плазмонных ядер обычно, используют (металлические и/или биметаллические) НЧ благородных металлов серебра (Ag) или золота (Au) [1-9]. Современные нанотехнологии при этом делают возможным контроль размеров и формы ПНЧ (как ядра, так оболочки).

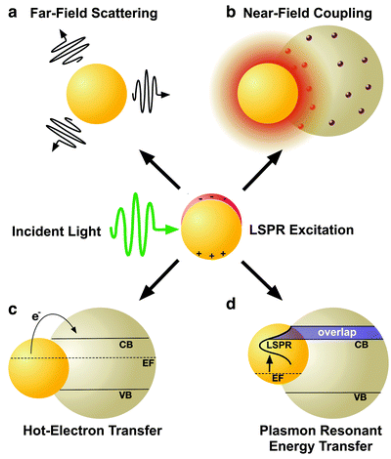


Рис. 1. Плазмонные эффекты в СКСЭ [3]

Включение ПНЧ типа ядро-оболочка улучшает способ-ность фотоанода улавливать свет и, следовательно, значительно улучшает КПД СКСЭ. Применение ПНЧ также уменьшает количество активного материала, необходимого для достижения высокого КПД СКСЭ. Поверхностный плазмонный резонанс (ППР) НЧ настраивается путем изменения ядра, но и размера, формы или толщины оболочки и ее состава. Причем для лучшего перекрытия со

спектром поглощения сенсибилизатора с целью дальнейшего улучшения способности СКСЭ улавливать свет.

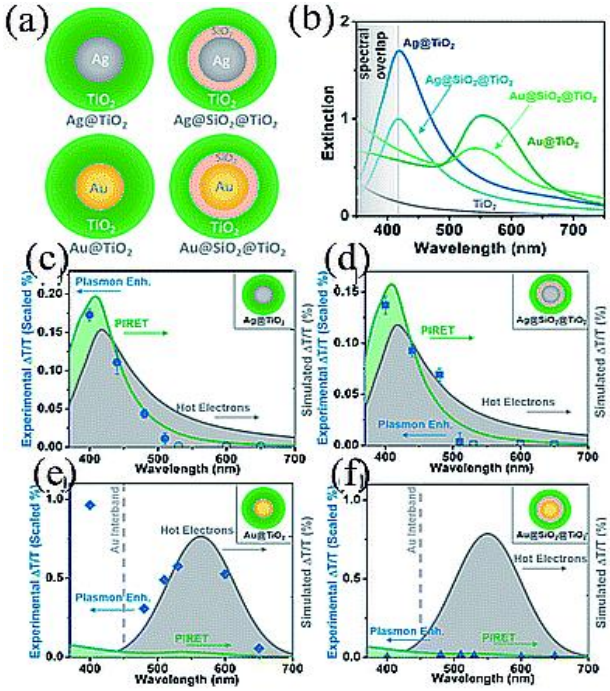


Рис.2. ПНЧ с различной морфологией [4]

Далее описываются факторы, влияющие на повышение КПД СКСЭ: а) резонансный перенос энергии, б) инжекция горячих электронов и в) локальное усиление электромагнитного поля. В заключении обсуждаются существующие проблемы в области плазмонных СКСЭ и перспективы их решения с целью дальнейшего совершенствования КПД плазмонных СКСЭ при преобразования солнечной энергии в электрическую и применение современных нанотехнологий [10].

Литература

1. *Ranabhat K., Skripkin K.S., Sofronova E.F., Revina A.A., Pylinina A.I., Patrikeev L.N., Lapshinsky V.A.,* Enhanced performance of a dye sensitized solar cell using metallic and bi-metallic nanoparticle // IOP Conf. Series: Material Science and Engineering. − 2019. – Vol. 498. – P. 012021. DOI: 10.1088/1757-899X/498/1/012021.
2. *Ранабхат К., Лапшинский В.А., Патрикеев Л.Н.,* Элементы солнечных батарей с повышенным КПД // Датчики и системы. − 2019. – №5. – С. 58-62.
3. *Ervin R.W., Zaric H.F., Talbert E.M., Bardhan R.,* Light trapping in mesoporous solar cells with plasmonic nanostructures // Energy & Environmental Science. − 2016. − №9 – P. 1577-1601. DOI: 10.1039/C5EE03847B.
4. *Cushing S.K., Li J., Bright J., Yost B.T. , Zheng P., Bristow A.D., Wu N.,* Controlling Plasmon-Induced Resonance Energy Transfer and Hot Electron Injection Processes in Metal@TiO2Core−Shell Nanoparticles // J. Phys. Chem. C. − 2015. − №119. – P. 16239−244. DOI: 10.1021/acs.jpcc.5b03955.
5. *Li J., Cushing S.K., Bright J., Meng F., T.R. Senty, Zheng P., Bristow A.D., Wu N.,* Plasmon-induced resonance energy transfer for solar energy conversion // Nature Photon. − 2015. − №9. – P. 601−607. DOI: 10.1038/nphoton.2015.142.
6. *Atwater H.A., Polman A.,* Plasmonics for Improved Photovoltaic Devices // Nature Materials. − 2010. – Vol. 9. – №865. DOI: 10.1038/nmat2866.

7. *Liu W.-L., Lin F.-C., Yang Y.-C., Huang C/-H., Gwo S., Huang M.H., Huang J.-S.,* Influence of morphology on the plasmonic enhancement effect of Au@TiO_2core-shell nanoparticles in dye-sensitized solar cells // CLEO: 2013 OSA Technical Digest (online) (Optical Society of America, 2013), paper JW2A.82. DOI: 10.1364/CLEO-AT.2013.JW2A.82

8. *Gangadharan D.T., Hu Z., Liu Y., Izquierdo R.,* Recent advancements in plasmon-enhanced promising third-generation solar cells. − 2017. – Vol. 6. − №1 – P. 153−175. DOI: 10.1515/nanoph-2016-0111.

9. *Song D.H., Kim H.-S., Suh J.S., Jun B.-H., Rho W.-Y.,* Multi-Shaped Ag Nanoparticles in the Plasmonic Layer of Dye-Sensitized Solar Cells for Increased Power Conversion Efficiency. − 2017. – Vol. 7. − №6 – P. 2−11. DOI: 10.1039/c5ee03779d.

10. *Zardetto V., Giacomo F.D., Brown T.M., Carlo A.D., D'Epifanio A., Licoccia S., Kessls E., Creatore M.*, Dye-Sensitized and Perovskite Solar Cells: Interface Engineering by Atomic Layer Deposition // Material Matters. − 2014. – Vol. 9. − №4 – P. 103−110. DOI: 10.1016/j.future.2013.01.010

СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ: РОЛЬ НАНОЧАСТИЦ В СЕНСИБИЛИЗИРОВАННЫХ КРАСИТЕЛЕМ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (СКСЭ) ДЛЯ ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

К. Ранабат [1*], К.Ф.Чернышова [2], А.А.Ревина [2], В.А. Лапшинский[3] и Л.Н.Патрикеев[3]

1) *Российский университет дружбы народов, Москва, ranabhat.kiran@gmail.com*
2) *Институт физической химии и электрохимии имени А. Н. Фрумкина РАН, Москва, Alex_revina@mail.ru, karish@list.ru*
3) *Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, nano-e@yandex.ru, lnp70@mail.ru*

Нанотехнологии - самая многообещающая технология 21 века, а сегодня - время нанотехнологий. Сегодня нет ничего важнее энергии, так как нехватка энергии означает существенное препятствие для удовлетворения базовых потребностей нынешней цивилизации, то есть нехватку еды, теплого жилья и подключения к Интернету, включая потребление продуктов нанотехнологий. Солнечная фотогальваника (ФЭ) - одна из основных технологий солнечной энергетики и самая быстрорастущая, наиболее зрелая и конкурентоспособная по стоимости технология возобновляемой энергии в мире [1-2]. Солнечные фотоэлектрические системы были одной из новаторских технологий возобновляемых источников энергии на протяжении десятилетий. В последнее время в солнечных фотоэлектрических технологиях металлические и биметаллические наноструктуры появились как подход к увеличению светосилы в солнечных элементах, что привело к увеличению оптического поглощения, повышению эффективности и генерации носителей [3-5].

Быстрые технологические разработки за последние 20 лет в сочетании с резким снижением стоимости фотоэлектрических технологий открыли путь для крупномасштабного внедрения. Развитие солнечной фотоэлектрической (PV) отрасли до сих пор было отличным, и в последние годы было достигнуто несколько важных этапов. Интенсивные исследования направлены на поиск высокоэффективных солнечных элементов с низкой стоимостью изготовления. Основная проблема солнечных элементов - относительно низкая эффективность поглощения солнечного света.Сенсибилизированный красителем солнечный элемент (DSSC) - это фотоэлемент третьего поколения. DSSC, изобретенный профессором М. Гретцелем в 1991 году, представляет собой наиболее многообещающий недорогой путь к сбору солнечного света благодаря своей простой структуре, прозрачности, гибкости, низкой стоимости

производства и широкому спектру применения. Несмотря на эти преимущества, низкая эффективность DSSC по сравнению с кремниевыми элементами ограничивает их коммерческую реализацию [4-5].

В этой работе описывается метод повышения эффективности преобразования энергии (PEC) сенсибилизированного красителем солнечного элемента (DSSC) за счет использования наночастиц золота (NP) в качестве добавки к натуральному красителю, извлеченному из синих ягод жимолости (BHB) (Lonícera caeruléa) для увеличения поглощения солнечного света. Получены и исследованы спектры оптического поглощения обращенных мицеллярных растворов (RMS), наночастиц золота (Au) и красителя из BHB. Характеристики солнечного элемента с точки зрения эффективности (напряжение в зависимости от тока) были протестированы при освещении помещения в помещении и люминесцентной лампе. Спектр поглощения УФ-видимого спектрофотометра показывает, что в растворе RMS NPs Au с красителем BHBs (с объемной долей 1: 1) интенсивность более узкой полосы с кажущейся λmax ~ 540 нм значительно увеличивается, что значительно больше, чем в 10 раз. Интенсивность оптического поглощения всего объема СКО НЧ Au. DSSC с раствором RMS AuNPs с красителем BHBs продемонстрировал 47.48% увеличение PEC по сравнению с DSSC без RMS AuNP. Экспериментальные результаты, представленные в этой статье, демонстрируют, что DSSC, полученные с AuNP, обладают более высокой эффективностью, чем DSSC без NP.

Литература

1.IRENA (2019), Будущее солнечной фотоэлектрической системы: развертывание, инвестиции, технологии, интеграция в сеть и социально-экономические аспекты (Глобальная трансформация энергии: документ), Международное агентство по возобновляемым источникам энергии, Абу-Даби.

2. IRENA (2020), 1. СТАТИСТИКА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ МОЩНОСТЕЙ 2020, Международное агентство по возобновляемым источникам энергии, Абу-Даби.

3.Ранабат, К.; Пылинина, А.И.; Скрипкин, К.С.; Софронова, Е.А.; Ревина, А.А; Касаткин, В.Е; Патрикеев, Л.Н.; и Лапшинский, В.А. Влияние моно- и биметаллических наночастиц Fe, Ni и Fe / Ni на основе углеродных нанокомпозитов на электрокаталитические свойства анодов. IOP Conf. Серия: Материаловедение и инженерия. 2016, 151.

4.Ранабат К.; Патрикеев Л.Н.; Ревина А.А; Андрианов К.S; Лапшинский В.А. и Софронова Е.А. Введение в технологию солнечных батарей.Журнал прикладной инженерной науки 2016,14,481-491.

5.Ранабат, К.; Скрипкин, К.С.; Чернышова К.Ф.; Софронова, Е.А.; Ревина, А.А; Пылинина, А.И.; Патрикеев, Л.Н.; и Лапшинский, В.А. Повышенная эффективность сенсибилизированных красителями солнечных элементов с использованием металлических и биметаллических наночастиц. IOP Conf. Серия: Материаловедение и инженерия. 2019, 498.

СТЕНД ДЛЯ СНЯТИЯ ВАХ МЕМРИСТОРОВ НА ОСНОВЕ АППАРАТНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO

М.В. Романовский[1], В.П. Жалнин[2]

1) *Московский Государственный Технический Университет им.Н.Э.Баумана, Москва, max.romanovskiy1102@mail.ru*

2) *Московский Государственный Технический Университет им.Н.Э.Баумана, Москва, zhalninvp@bmstu.ru*

Одно из важнейших направлений развития современной микро- и нано электроники – разработка новых типов полупроводниковой памяти. В последние годы наряду с традиционными типами запоминающих устройств (динамической, статической и флеш-памяти) большое внимание уделяется резистивной памяти, которая сочетает достоинства быстрой оперативной памяти с энергонезависимостью программируемой памяти. Резистивная память с произвольным доступом (RRAM) – новое поколение энергонезависимой памяти, основанной на использовании двух устойчивых состояний резистивного слоя: с высоким и низким сопротивлениями [1].

Основные проблемы, затрудняющие сегодня практическое использование мемристоров, заключаются в поиске материалов и разработке технологии изготовления мемристоров нанометровых размеров (менее 30–50 нм), которая обеспечивала бы стабильность и воспроизводимость их параметров при требуемом числе циклов перезаписи порядка 10^{14}. Существенный прогресс в этом направлении достигнут исследователями лаборатории HP, которые продемонстрировали возможность изготовления мемристоров на основе перспективных структур $Pt/TaO_2/Ta_2O_{5-x}/Pt$ и $TiN/Ti_4O_7/TiO_2/TiN$ на пластине диаметром 300 мм [2].

В настоящее время существует множество специализированных учебных стендов для изучения ВАХ характеристик различных радиоэлементов. На рынке продаж представлен богатый выбор специализированного стендового оборудования. Однако их использование имеет ряд недостатков.

Заменой специализированного стендового оборудования может послужить стенд, собранный на основе аппаратной вычислительной платформы Arduino. С ее помощью можно легко получить и обработать результаты измерений.

Достоинства стенда: низкая стоимость, простота использования

Недостатки измерительного стенда: малый диапазон измеряемых напряжений (от 0 до 5В), необходимость усиления малых токов, проходящих через мемристор, находящийся в высокоомном состоянии.

Полученные предварительные результаты исследований мемристоров на стенде, основанном на базе проекта Arduino показали хорошую воспроизводимость результатов измерений и возможность автоматизации процесса снятия ВАХ мемристора. Результаты измерений записывались в компьютер и затем обрабатывались математически или строились графики с применением соответствующих приложений.

В результате работы сделаны следующие выводы:

- Проведенный анализ публикаций позволяет заключить, что память, реализованная на мемристорах будет гораздо быстрее и компактнее, чем современная флеш память.

- На базе мемристоров возможно создание компьютеров, не требующих загрузки операционной системы после включения, поскольку мемристоры способны длительно сохранять свое состояние после выключения питания.

- На базе проекта Arduino возможно создание полноценного стенда по автоматизированному снятию ВАХ мемристоров

- В дальнейшем на основе данной разработки возможно создание полноценной лабораторной работы для студентов по изучению ВАХ перспективных элементов памяти – мемристоров.

Отдельные результаты исследований получены в рамках Гранта РФФИ №19-07-00463.

Литература

1. Yang J., Strukov D.B. and Stewart D.R.Memristive devices for computing. – Nature Nanotechnology, 2013, v.8, p.13-24.
2. Nickel J. Memristor Materials Engineering: From Flash Replasement Towards a Universal Memory. – HP Lab. IEDM Advansed Memory Technology Workshop. 2011, 4 December.

ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ УЛЬТРА БОЛЬШИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ ПАМЯТИ И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Смирнов К.К.[1], Блинов В.В.[2], Назаров А.В.[3]

1) ФНЦ НИИ системных исследований, Москва: mail@konstantinsmirnov.com

2) ФНЦ НИИ системных исследований, Москва, vasiliy_blinov@srisa.ru

3) Московский авиационный институт, Москва, rat-rut@yandex.ru

Современный уровень интеграции отечественных ультра больших интегральных схем (ИС) перешагнул отметку в миллиард транзисторов на кристалле и продолжает расти. Одновременно ужесточаются технологические нормы их проектирования, уже сегодня достигающие 16 нанометров. Положительным моментом этих изменений является то, что при реализации ультра больших ИС типа «система на кристалле» объем буферной статической памяти можно увеличить до 16 мегабит и более. Однако, с другой стороны, если не принять дополнительных мер по поиску эффективных тестовых решений для функционального контроля памяти указанного объема, время ее тестирования может занять несколько лет. Не спасают ситуацию и широко используемые на практике «маршевые» тесты. В докладе проводится анализ причин сложившейся ситуации и отмечается, что главной из них является неспособность современных системы функционального тестирования микросхем памяти выявлять скрытые дефекты интегральной структуры в режиме реального времени.

В докладе предлагается универсальный подход к организации тестирования различных типов микросхем памяти. Основная идея подхода заключается в поддержании тесной взаимосвязи между математической и топологической моделями тестируемой микросхемы. Данный подход устраняет большинство причин низкой эффективности методов тестирования микросхем памяти, решая указанную выше проблему реального времени. Реализует предлагаемый подход аппаратно-программный комплекс Functional Test Studio, функционирующий на основе оригинального аппаратно-ориентированного языка описания алгоритмов функциональных тестов STeeL. Последний обеспечивает поддержку единой информационной среды предлагаемого комплекса.

Функциональное тестирование микросхем в режиме реального времени выполняется с помощью специального компонента «Memory», который, в отличие от известных аналогов, позволяет создавать функциональные тесты любой сложности, что на несколько порядков сокращает общее время тестирования микросхем и постановку их на производство. Для большинства функций компонента «Memory», использование режима реального времени тестирования является необходимым условием работы, однако ряд оригинальных эффективных тестовых решений, таких, как, например, механизм настраиваемой биекции, модифицированные «маршевые тесты» и др., компонент «Memory» способен выполнять и в обычном режиме.

Повышенную эффективность комплекса обеспечивают также реализованная в нем возможность автоматизации подготовки функциональных тестов для всего парка испытательного оборудования, имеющегося на предприятии, а также возможность автоматизации подготовки исходных данных для разработки печатных плат электрооборудования. Для этой цели в системе реализованы механизмы автоматического назначения номеров каналов, зеркалирования каналов, повторного использования и реконфигурации тестов и др.

Для хранения результатов функционального контроля ультра больших ИС в режиме реального времени разработан универсальный формат хранения данных, устойчивый к отказам контрольно-измерительных приборов. Этот формат, в отличие от известных, поддерживает также сохранение полной тестовой информации по всему маршруту проектирования ультра больших ИС.

С целью обеспечения точного соответствия математической и топологической моделей ультра больших ИС, в предлагаемой системе функционального контроля микросхем памяти реализовано несколько трансляторов форматов данных для проведения межоперационного анализа отказов с использованием оригинальной среды анализа данных Lorenz (автор Смирнов К.К.).

В работе представлены также примеры разработки тестов памяти различной сложности, методика разработки программ тестирования памяти, позволяющая сократить общее время тестирования полупроводниковой пластины и/или партии микросхем а также методика поиска отказов ультра больших интегральных схем на топологической модели кристалла.

МОДЕЛЬ СВЯЗИ ПАРАМЕТРОВ ТЯЖЁЛЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МИКРОСИСТЕМ

В.В. Терехов[1], В.А. Шахнов[1], Л.А. Зинченко[1], А.А. Глушко[1], В.В. Макарчук[1], Е.В. Резчикова[1]

1) МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, vvterekhov.bmstu@gmail.com

Хорошо известно, что в настоящее время микроэлектромеханические системы (МЭМС) широко используются в аппаратуре, установленной на аппаратах космических миссий, где они подвергаются воздействию целого ряда вредных факторов, в том числе радиационному воздействию. Для принятия решения о возможности использования МЭМС в космическом аппарате, необходимо оценить их устойчивость к основным типам радиации, встречающемся в космическом пространстве, в том числе к воздействию тяжёлых заряженных частиц (ТЗЧ). Наиболее точным способом такой оценки являются натурные испытания, однако они слишком дороги и не всегда возможны.

Альтернативой натурным испытаниям является компьютерное моделирование. Однако, поскольку в МЭМС используются различные материалы, и они бывают основаны на различных физических принципах работы, единая методика моделирования радиационной стойкости микросистем существовать не может. В [1] был разработан способ моделирования воздействий ТЗЧ на ёмкостные элементы электростатических МЭМС. Изменение их характеристик под воздействием ТЗЧ зависит от ряда характеристик самой ТЗЧ, включая энергию, характеристический радиус и угол, под которым частица проникает в объем материала. В [2] была описана база данных, содержащая зависимости изменений тока в микросистеме при воздействиях ТЗЧ от их характеристик, которая была получена по результатам многократного моделирования процесса внедрения ионов с различными характеристиками в МЭМС.

Однако недостатком ранее предложенных методов компьютерного моделирования является необходимость проведения длительного и ресурсоёмкого процесса моделирования для каждого набора характеристик тяжёлой заряженной частицы. Для устранения этого недостатка при компьютерном моделировании предлагается использовать модели связи параметров и характеристик микросистем.

В работе рассмотрена модель связи, разработанная на основе накопленной статистики изменений характеристик микросистем, собранной в базе данных. Представлено теоретическое обоснование предложенной модели и проведено ее сравнение с ранее разработанной методикой на примере изменений характеристик ёмкостных микросистем, вычисленных с использованием разработанной модели.

В заключении дана оценка точности разработанной модели на основе аппроксимации данных, возможностях её улучшения, а также о перспективах использования компьютерной модели при анализе радиационной стойкости электростатических МЭМС.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ 18-29-18043.

[1] Shakhnov V., Glushko A., Makarchuk V., Zinchenko L., Terekhov V., Mikhaylichenko, S., “Simulation of heavy charged particles damage on MEMS,” Proc. of SPIE 10224 (2016).

[2] Glushko, A., Makarchuk, V., Zinchenko, L., Terekhov, V., Mikhaylichenko, S., “Computer Simulation of Heavy Charged Particles Damage on Distributed Microsystems,” Proc. of SPIE 10226 (2018).

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЯЧЕЙКИ МЕМРИСТОРНО-ДИОДНОГО КРОССБАРА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ АППАРАТНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ НЕЙРОПРОЦЕССОРА

С.Ю.Удовиченко, А.Д. Писарев, А.Н. Бусыгин, А.Н. Бобылев, А.А. Губин, А.Х. Ибрагим

Тюменский государственный университет, Тюмень, udotgu@mail.ru

В работе [1] представлена концепция нейропроцессора на основе запоминающей и логической матриц [2]. Электрическая схема и топология нового компонента наноэлектроники – комбинированного мемристорно-диодного кроссбара, необходимого для создания запоминающей матрицы нейропроцессора, содержатся в [3]. Нанотехнология изготовления такого кроссбара разработана в [4]. Ячейка запоминающей матрицы представляет собой двухслойное соединение комплементарных мемристоров и одного селективного диода Зенера, который позволяет уменьшить деградацию выходного сигнала при суммировании входных импульсов напряжения. Логическая матрица [2] построена на основе ячейки из одного мемристора и последовательно включенного с ним диода Зенера, который минимизирует взаимовлияние соседних ячеек.

Основные требования к мемристору – высокое отношение предельных электрических сопротивлений, позволяющее реализовать множество резистивных (синаптических) состояний, и низкие напряжения переключения, обеспечивающее малое энергопотребление схемы. Требуемыми характеристиками диода Зенера являются низкие напряжения открытия в прямом смещении и при пробое, высокое отношение электрических сопротивлений в закрытом и открытом состояниях, а также при обратимом пробое (сильная нелинейность).

В настоящем сообщении изложены результаты исследований электрофизических свойств ячейки мемристорно-диодного кроссбара запоминающей матрицы, изготовленного методом магнетронного распыления с применением масок, полученных с помощью электронной литографии [4]. С целью определения оптимальных электрических характеристик ячейки кроссбара в качестве 30 нм активного слоя мемристоров использовались оксиды: WO_x, CrO_x, ZrO_x, и в качестве диода структуры: p-Si / n-Si и $Si_{0,958}Al_{0,042}$ / n-Si , где n-Si и p-Si –

кремний марок КЭФ с удельным сопротивлением 0,129 Ом·см и КДБ с удельным сопротивлением 0,066 Ом·см соответственно.

Получены вольт-амперные характеристики мемристора на основе оксидов переходных металлов и диода на основе различных гетеропереходов, входящих в ячейку кроссбара. Наилучшими электрическими характеристиками обладают: диод p-Si / n-Si с низким напряжением пробоя и сильной нелинейностью ВАХ и мемристор на основе активного слоя ZrO_x с максимальным отношением предельных сопротивлений 298 и низкими напряжениями переключения. Вольт-амперная характеристика ячейки структуры W / n-Si / p-Si / ZrO_x / TiN изготовленного комбинированного мемристорно-диодного кроссбара с выбранными материалами обладает большей шириной петли гистерезиса в правой части и меньшим напряжением обратимого пробоя в левой части, чем ВАХ аналогичной ячейки из [4]. Большое сопротивление закрытого диода приводит к стягиванию гистерезиса в обратной ветви вольт-амперной характеристики ячейки, поскольку вклад большого сопротивления диода преобладает над вкладом малого сопротивления мемристора.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках гранта №19-07-00272.

Литература

1. Удовиченко С.Ю., Писарев А.Д., Бусыгин А.Н., Маевский О.В. Нейропроцессор на основе комбинированного мемристорно-диодного кроссбара // Наноиндустрия. 2018. № 5 (84). С. 344-355.

2. Удовиченко С.Ю., Писарев А.Д., Бусыгин А.Н., Маевский О.В. 3D КМОП–мемристорная нанотехнология создания логической и запоминающей матриц нейропроцессора // Наноиндустрия. 2017. № 5 (76). С. 26-34.

3. Maevsky O.V., Pisarev A.D., Busygin A.N., Udovichenko S.Y. Complementary memristor- diode cell for a memory matrix in neuromorphic processor // International journal of nanotechnology. 2018. Vol. 15. No 4/5. P. 388-393.

4. Писарев А.Д., Бусыгин А.Н., Бобылев А.Н., Ибрагим А.Х., Губин А.А., Удовиченко С.Ю. Выбор материалов и нанотехнология изготовления комбинированного мемристорного-диодного кроссбара – основы аппаратной реализации нейропроцессора // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2019.Том 5. № 4. С.200-219.

Нанотехнологии в ТЭК

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОПОРИСТОГО НАНОКОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ КОЛЛАГЕНА С МАГНИТНЫМИ ЧАСТИЦАМИ ДЛЯ СОРБЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ

П.В. Козлов, С.А. Широких, М.Ю. Королёва, Е.В. Юртов

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, pavel.mno4@gmail.com

При добыче нефти, транспортировке, переработке случаются аварийные ситуации, связанные с разливом нефти и нефтепродуктов. Нефтяные пятна в морях и океанах остаются важной проблемой мирового сообщества. Использование высокопористых полимерных нанокомпозитов для сорбции позволяет практически полностью удалить даже тонкие плёнки нефтепродуктов с поверхности воды [1, 2]. Для обеспечения более быстрого и полного сбора отработанного сорбента с поверхности воды можно использовать нанокомпозиты на основе высокопористого полимера с магнитными наночастицами. Включение в состав сорбентов магнитных частиц может не только придать им магнитные свойства, но и повлиять на сорбционные свойства композиционного материала [3].

В данной работе в качестве сорбента исследовался высокопористый полимерный материал, состоящий из нановолокон коллагена [4], модифицированных частицами γ-Fe_2O_3.

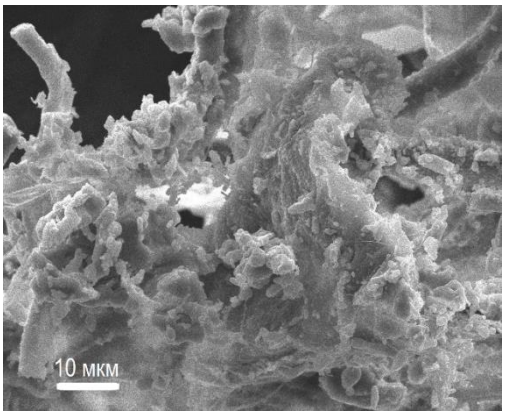


Рис. 1. СЭМ-изображение высокопористого полимерного композита, содержащего 20 мас.% наночастиц маггемита

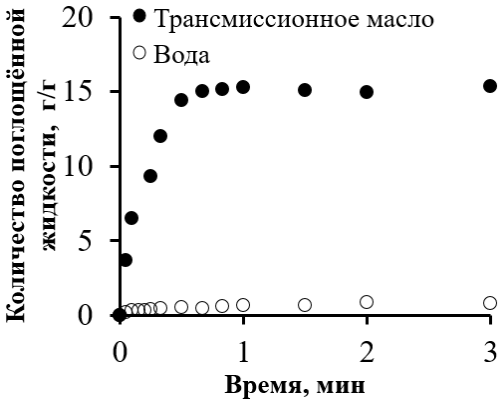


Рис. 2. Зависимости количества сорбированного трансмиссионного масла и воды от времени

Частицы маггемита на поверхности коллагена были получены методом соосаждения. Изображение скола высокопористого композиционного материала представлено на рисунке 1. Как видно на микрофотографии, частицы γ-Fe_2O_3 осаждались на поверхности волокон коллагена, в виде агрегатов различного размера.

Кинетические зависимости сорбции трансмиссионного масла и воды приведены на рисунке 2. Сорбционная ёмкость высокопористого коллагена для трансмиссионного масла составила – 15,0 ± 0,2 г/г, дистиллированной воды – 1,0 ± 0,1 г/г, скорость сорбции трансмиссионного масла в начальный период времени была равной 0,71 ± 0,05 кг/(с·м^2), воды - 0,002 ± 0,001 кг/(с·м^2).Время достижения сорбционной емкости как для трансмиссионного масла, та и для воды составляло ~1 мин. Из полученных зависимостей видно, что данный композит более эффективно сорбирует трансмиссионное масло, чем воду. Модификация поверхности не повлияла на гидрофобность материала. Биоразлагаемость и естественная гидрофобность коллагена в совокупности с магнитными свойствами маггемита делает полученный высокопористый композиционный материал перспективным сорбентом нефтепродуктов с поверхности воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щербаков В.А., Хасанова Л.Х., Салатова Ю.А., Королёва М.Ю. // Успехи в химии и химической технологии. - 2016. — Т. 30. № 12 (181). — С. 40-42.
2. Чекрыгина М.Ю., Королёва М.Ю. Получение пористого полистирола на основе высококонцентрированных обратных эмульсий // Успехи в химии и химической технологии. - 2013. - Т. 27. № 6 (146). – С. 128-131.
3. Хасанова Л.Х., Ракитин А.И., Широких С.А., Корчагина М.Г., Анисимова Е.Д., Королева М.Ю. Изучение гидрофобности нанокомпозита на основе высокопористого сополимера стирола и дивинилбензола // Успехи в химии и хим. технологии. - 2017. - Т. 31. № 13 (194). - С. 45 - 47.
4. Широких С.А., Загоскин П.С., Вайнерман Е.С., Королёва М.Ю. Биоразлагаемый пористый материал для сорбции нефтепродуктов с поверхности воды // Успехи в химии и химической технологии. - 2019. - Т. 33. № 10 (220). - С. 62 – 63.

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СШИТОГО КОЛЛАГЕНА ДЛЯ СОРБЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ

Минаков Г.С.[1], С.А. Широких[1], Королева М.Ю[1], Вайнерман Е.С.[2], Е.В. Юртов[1]

1) Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, gleb1itnet@gmail.com

2) НИИ детского питания – филиал ФГБУН "ФИЦ питания и биотехнологии", Москва

Разливы нефти при авариях танкеров и трубопроводов представляют серьёзную угрозу для окружающей среды, приводят к потере энергоносителей и сильно загрязняют морскую воду. Одним из эффективных средств ликвидации разливов нефти по поверхности водоёмов является её механическое извлечение по механизму сорбции [1]. Сорбенты принадлежат к классу веществ, облегчающих сбор нефти. Их структурой и, следовательно, сорбционными свойствами можно управлять в процессе их получения. Они должны быть гидрофобны и олеофильны [2]**.** Сбор сорбентов, впитавших нефть производится достаточно простыми механическими средствами, в числе которых могут быть сети, либо нефтемусоросборщики. В качестве сорбентов нефтепродуктов предпочтительно использовать биоразлагаемые материалы, например, пористые наноструктурированные материалы на основе сшитого коллагена [3]. Основным достоинством биополимеров является их способность к биологическому разложению в течение непродолжительного времени, в отличие от традиционных аналогов, полученных из нефтехимического сырья.

В работе были исследованы сорбционные свойства пористого материала на основе сшитого коллагена при сорбции нефтепродуктов и воды. В качестве нефтепродуктов использовались керосин и трансмиссионное масло, а также их смеси в соотношениях (1:1; 1:3; 1:9). Дисперсия нановолокон коллагена, на основе которой получен сорбционный материал была выделена из предварительно очищенной шкуры крупного рогатого скота. Сшитый коллаген был получен по методике, описанной в патенте [4].

Для сравнения сорбционных свойств при сорбции нефтепродуктов использовались два основных параметра: сорбционная ёмкость, равная количеству поглощенной

жидкости за 3 мин, и скорость сорбции в начальный период времени, рассчитанная по начальным участкам кинетических кривых. Полученные данные представлены в таблице 1, где также указана вязкость поглощаемой жидкости.

Таблица 1. Сорбционные свойства сорбента на основе сшитого коллагена

Жидкость	Вязкость поглощаемой жидкости, мПа·с	Скорость сорбции кг/(с·м^2)	Сорбционная емкость г/г
К	0,6	2,30 ± 0,05	11,1 ± 0,5
1К:1М	1,1	2,31 ± 0,05	12,5 ± 0,5
1К:3М	2,3	2,30 ± 0,05	13,2 ± 0,5
1К:9М	5,7	1,30 ± 0,05	14,1 ± 0,5
М	671,0	0,40 ± 0,05	14,8 ± 0,5

Было установлено, что при увеличении вязкости от 0,6 до 671,0 мПа·с скорость сорбции уменьшается от 2,30 ± 0,05 до 0,40 ± 0,05 кг/(с·м^2), но сорбционная емкость при этом увеличивается от 11,1 ± 0,5 до 14,8 ± 0,5 г/г. Это позволяет сделать вывод о том, что полые пространства между стенками заполняются большим количеством более вязких жидкостей, и данный полимерный материал является эффективным сорбентом нефтепродуктов с поверхности воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щербаков В. А., Хасанова Л. Х., Салатова Ю. А., Королёва М. Ю. Изучение сорбционных свойств высокопористого поли(стирол-дивинилбензола), полученного на основе обратной высококонцентрированной эмульсии // Успехи в химии и химической технологии. — 2016. – Т. 30, № 12. – С. 40-42

2. Koroleva M.Yu., Shirokikh S.A., Khasanova L.Kh., Babusenko E.S., Yurtov E.V. Highly porous polymeric sponges for oil sorption // Mendeleev Communications. – 2019. – Vol. 29. – P. 176-17

3. Широких С.А., Загоскин П.С., Вайнерман Е.С., Королёва М.Ю. Биоразлагаемый пористый материал для сорбции нефтепродуктов с поверхности воды // Успехи в химии и химической технологии. - 2019. - Т. 33. - Вып. 10(220). - С. 62 – 63

4. Vainerman E. S., Portnaya I. B. Porous polymer material and process for production thereof: Pat. 5494939 USA. – 1996.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ МАРСА ДЛЯ СОЗДАНИЯ РАДИАЦИОННОГО ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА И РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ИЗ МАРСИАНСКИХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

А.А. Пивушков[1], Н.В. Классен[2]

1) МОУ средняя школа № 82, Черноголовка, kpdenergia@mail.ru

2) Институт физики твердого тела РАН, Черноголовка, klassen@issp.ac.ru

В настоящее время непрерывно возрастает интерес к изучению и освоению Марса.

С одной стороны, это – часть расширяющихся исследований космического пространства вообще. С другой стороны, из соседних в нашей Землей планет марсианские условия ближе всех к земным. Поэтому распространение интересов человечества на околоземные зоны как для получения сырьевых ресурсов, так и для расширения жизненного пространства целесообразно начинать именно с этой планеты. Для практического решения длительного существования представителей землян на Марсе необходимо разрабатывать новые технические устройства, способные работать в специфических марсианских условиях. В первую очередь это относится к источникам энергии и транспортным средствам. Одни из главных отличий марсианских природных условий – разреженность атмосферы (ее плотность на два порядка ниже земной), особый состав атмосферы (преимущественно –углекислый газ), отсутствие планетарного магнитного поля. По этим причинам на поверхности Марса, обращенной к Солнцу – высокий уровень радиации, т.к. нет магнитного поля и плотной атмосферы, защищающих от ионизирующих излучений, как это происходит на Земле. Отсутствие кислорода и углеводородных топливных ресурсов делает невозможным применение на Марсе двигателей внутреннего сгорания. Но на поверхности Марса много оксида железа (именно он придает планете красноватый цвет). Сочетание оксида железа с высоким уровнем радиации наталкивает на вариант использовать для производства электроэнергии радиационную ионизацию в наноразмерных частицах оксида железа. Так как атомный номер железа 26 в четыре с лишним раза больше атомного номера кислорода, а вероятность ионизирующего поглощения гамма-излучения атомами пропорциональна четвертой степени этого номера,

гамма-излучение будет ионизировать именно железо Поэтому, если собрать трехмерную решетку из наночастиц оксида железа, из них радиацией будут выбрасываться освобожденные из атомов электроны. Наноразмеры частиц необходимы для выхода вырванных из атомов железа электронов в пространство между частицами. Сами наночастицы будут при этом заряжаться положительно, а пространство между ними – отрицательно. Это разделение зарядов – первая ступень производства электроэнергии. Вторая ступень – соединение противоположно заряженных областей с положительным и отрицательным полюсами генератора. Для этого могут использоваться частые на Марсе пыльные бури. Поток пыли, проходящий через решетку ионизированных наночастиц оксида железа, будет захватывать электроны из межчастичного пространства и выносить их наружу. Проводящие электроды для сбора выносимых наружу электронов в таком случае могут быть изготовлены из керамических стержней и пластин, скомпактированных из наночастиц. Электроны, вырываемые из атомов радиацией, будут застревать внутри электродов из-за их большой толщины. Поэтому сформируется высокая концентрация свободных электронов внутри этих керамик, которая обеспечит необходимую электропроводность. Наноразмерность зерен керамик в данном случае важна для обеспечения радиационной прочности конструкции. Полученная таким образом электроэнергия может быть использована, в частности, для создания марсианского реактивного двигателя. Разогрев выносимой из двигателя газовой смеси в данном случае будет обеспечиваться не сгоранием (как в земных условиях), а электрическим разрядом. В качестве разогреваемого газа целесообразно использовать углекислый газ, которого на Марсе достаточно. Стенки камеры можно изготовить из той же нанокерамики на основе оксидов железа и кремния. В изобилии имеющихся на поверхности Марса. Наноразмерность здесь важна для того, чтобы камера не разрушалась радиацией за счет того, что создаваемые ею дефекты структуры будут быстро выходить на расположенные поблизости межзеренные границы и там аннигилировать. Разогретые молекулы двуокиси углерода и их расщепленные ионы, выходя через открытый торец разрядной камеры, будут создавать реактивную тягу. Сила тяги будет определяться энергией электрического разряда в камере.

Нанокомпозитные полимеры

ПОЛУЧЕНИЕ БИОРАЗЛАГАЕМОГО ПЛАСТИКА ИЗ ПАНЦИРЕЙ ЧЛЕНИСТОНОГИХ

Д.С. Беляева[1], Н.И. Соколан[2]

1) ГАУДО МО «МОЦДО «Лапландия», г. Мурманск, sun_in_sky@list.ru

2) ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет», г. Мурманск, sokolan.ni@gmail.com

Целью данной работы является получение нового экологичного материала природного происхождения, обладающего свойствами современного пластика. Богатым источником такого материала могут служить панцири членистоногих. Панцири членистоногих содержат полисахарид хитин, являющийся перспективным материалом для новых разработок экопродукции. Данный полисахарид экологичен, биоразлагаем, прост в получении и обладает структурообразующими свойствами, что делает этот материал еще более востребованным в современном мире. Однако более удобным в использовании и обработке является не сам хитин, а производный от него полисахарид хитозан. Хитин был получен химическим способом методом депротеинизации панцирей креветок и крабов с последующим получением хитозана методом деацетилирования хитина. Полученный хитозан растворяли в слабоконцентрированном растворе уксусной кислоты, получившийся в результате гель высушивали разными способами до получения материала, схожего по своему виду и свойствам с пластиком. В качестве методов высушивания материала были выбраны лиофильная сушка и термостатирование. Сублимированный образец по структуре схож с пенопластом, а выпаренный образец тонкий и прочный. В зависимости от исходного сырья выпаренные образцы обладали разной способностью к деформации. Экопластик из панцирей креветок более гибкий, нежели образец, изготовленный из панцирей крабов. Данный фактор прямо пропорционально зависит от кальцийсодержащих примесей в исходном сырье. Готовый материал не горюч, а, следовательно, безопасен, обладает противогрибковыми свойствами из-за специфических свойств хитозана, имеет повышенную прочность и возможность многоразовой переработки путем

растворения продукта в кислой среде и последующим высушиванием хитозанового геля.

Из готового материала был изготовлен тестовый образец продукции (кашпо для цветов) (рис. 1).

Рисунок 1. Тестовый образец продукции из экопластика (кашпо для цветов)

Данная продукция экологична, биоразлагаема и может активно служить в быту, что доказывает перспективность данной разработки.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ОБРАТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ НА ОСНОВЕ СОПОЛИМЕРА СТИРОЛА И ДИВИНИЛБЕНЗОЛА

Л.Э. Кулиева, С.А. Широких, П.С. Загоскин, М.Ю. Королёва, Е.В. Юртов

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва

laymurlay@yandex.ru

В современном мире в связи с ежегодным увеличением объёма добычи, обработки и перевозки нефтепродуктов, из-за аварий и утечек всё чаще происходят разливы нефтепродуктов. Нефть образует плёнки на поверхности воды, которые требуют ликвидации.

Практически полностью удалять даже тонкие пленки нефтепродуктов позволяет сорбционный метод с использованием высокопористых полимерных нанокомпозитов [1, 2]. Эти материалы могут быть получены при полимеризации дисперсионной среды высококонцентрированных обратных эмульсий [3]. Включение в состав магнитных наночастиц позволяет получать высокопористый композиционный наноматериал, удобный для эксплуатации в процессе сорбции и последующей сборки [4]. Структура и свойства пористых полимерных материалов, полученных этим методом, напрямую зависят от свойств исходных эмульсий, поэтому следует уделить особое внимание процессу получения и изучению их свойств. Если в процессе полимеризации эмульсия является устойчивой, то структура полученного полимера будет сходна со структурой исходной эмульсии.

В данной работе исследовалась устойчивость высококонцентрированных обратных эмульсий на основе сополимера стирола и дивинилбензола с добавлением наночастиц маггемита размером 10±5 нм, полученных методом старения.

Объёмная доля дисперсной фазы эмульсии составляла 95%. Доля дивинилбензола от смеси сомономеров составляла 10 об.%. В качестве ПАВ использовался сорбитанмоноолеат в количестве 0,5 об.% от общего объёма. В смесь добавлялись наночастицы Fe_2O_3 в виде сухого порошка - от 10 до 20% от массы сомономеров.

Устойчивость эмульсий при температуре 65°C определяли по скорости отслаивания водной фазы. Отслаивания органической фазы во всех исследованных эмульсиях не происходило, так как исследуемые эмульсии были

высококонцентрированными. На рисунке 1 представлены кинетические кривые отслаивания водной фазы из эмульсий с различным содержанием маггемита.

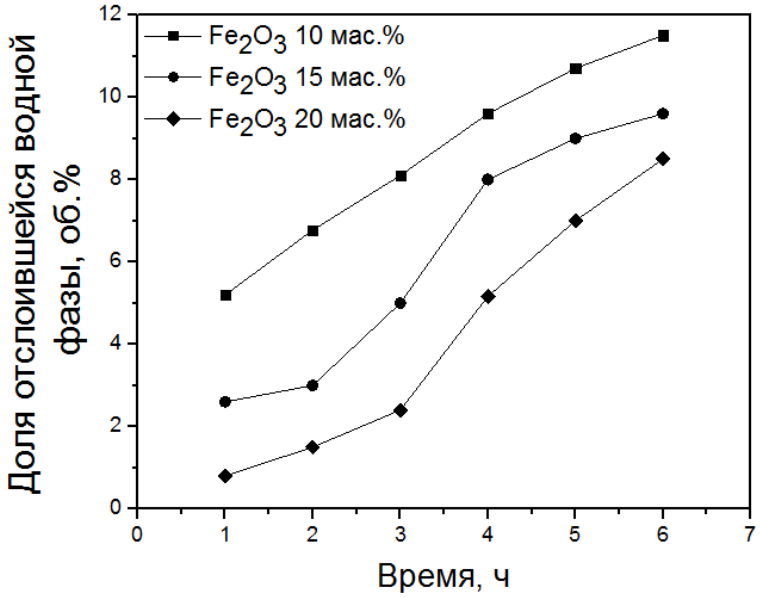


Рис. 1. Кинетические кривые отслаивания водной фазы из обратных эмульсий

Устойчивость эмульсий возрастала с увеличением концентрации маггемита. Это обусловлено тем, что наночастицы маггемита адсорбировались на границе раздела раз в эмульсии, т.е. происходило образование эмульсий Пикеринга. С ростом концентрации маггемита смешанный адсорбционных слой из сорбитанмоноолеата и наночастиц становился более жестким и прочным, более эффективно препятствовал коалесценции капель дисперсной фазы. Соответственно, устойчивость высококонцентрированных эмульсий возрастала.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-03-00397.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щербаков В.А., Хасанова Л.Х., Салатова Ю.А., Королёва М.Ю. // Успехи в химии и химической технологии. 2016. — Т. 30. № 12 (181). — С. 40-42.
2. Чекрыгина М.Ю., Королёва М.Ю. Получение пористого полистирола на основе высококонцентрированных обратных эмульсий // Успехи в химии и химической технологии. - 2013. - Т. 27. № 6 (146). – С. 128-131.
3. Королёва М.Ю., Щербаков В. А., Хасанова Л. Х., Ракитин А.И., Широких С.А., Юртов Е.В. // Коллоидный журнал. — 2018. — Т. 80, № 3. — С. 290-299.
4. Широких С.А., Ракитин А.И., Хасанова Л.Х., Королёва М.Ю., Юртов Е.В. // Сборник тезисов IX ежегодной конференции Нанотехнологического общества России. — Москва, 2018. — С. 73-74.

ИЗУЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ТВЁРДЫХ ЛИПИДНЫХ НАНОЧАСТИЦ, ОБРАЗОВАННЫХ СТЕАРИНОВОЙ КИСЛОТОЙ

Е.В. Мищенко, М.Ю. Королёва, Е.В. Юртов

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, mishchenkoek@list.ru

Особый интерес для доставки липофильных лекарственных веществ представляют липидные носители [1-3]. Липидные наночастицы размером 50-100 нм более эффективно проникают в клетки по сравнению частицами большего размера [4]. Кроме того, твёрдая липидная матрица защищает загруженные лекарственные соединения, обеспечивая при этом их высокую биодоступность и пролонгированное высвобождение.

В данной работе твёрдые липидные наночастицы получали методом температурной инверсии фаз. Концентрация стеариновой кислоты составляла 25 об.%, суммарная концентрация ПАВ: Tween 60 и Span 60 была равной 15 об.%, мольное соотношение Tween 60/Span 60 - 0,76. В качестве дисперсионной среды использовали 0,15 М водный раствор NaCl.

Для определения температуры инверсии фаз смесь компонентов интенсивно перемешивали и нагревали от 20 до 90 °С, при этом проводили измерения электропроводности системы. При низкой температуре электропроводность была высокой (рисунок 1), что свидетельствует об образовании наноэмульсии М/В.

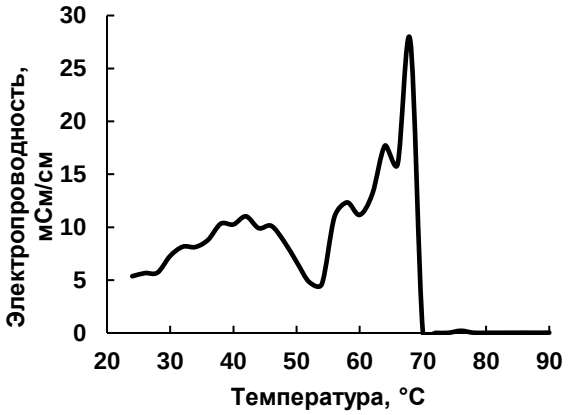
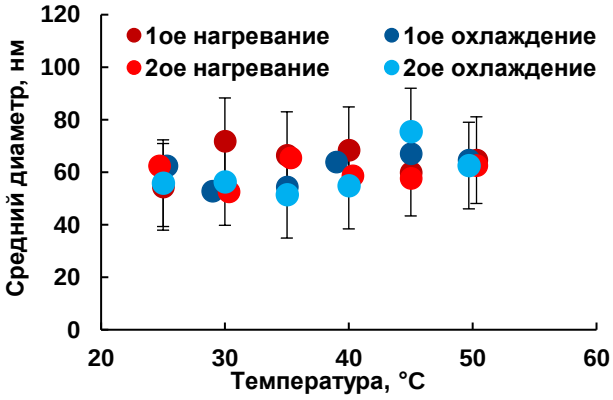


Рис. 1. Зависимость электропроводности суспензии твердых липидных наночастиц от температуры

Рис. 2. Зависимости размера твердых липидных наночастиц от температуры



С ростом температуры электропроводность наноэмульсии возрастала из-за роста электропроводности раствора NaCl. При температурах 70-72 °С электропроводность резко уменьшилась практически до нулевых значений, что свидетельствует об инверсии фаз и образовании эмульсии В/М. Таким образом, суспензия наночастиц стеариновой кислоты, стабилизированная Tween 60 и Span 60, может существовать при температурах ниже, чем 70 °С.

Для определения температурной стабильности твёрдых липидных наночастиц проводили два цикла нагревания от 25 °С до 50 °С и охлаждения суспензии, разбавленной в 10 раз 0,15 М NaCl. Размеры липидных наночастиц определяли методом динамического светорассеяния. На рисунке 2 представлены зависимости среднего диаметра наночастиц от температуры. Средний размер наночастиц изменялся в пределах погрешности измерений. При нагревании суспензии до более высоких температур, превышающих 52-55 °С, протекала быстрая агрегация наночастиц, и суспензия расслаивалась.

Таким образом, в диапазоне температур 25-50 °C суспензия наночастиц стеариновой кислоты устойчива к агрегации и последующей обратной седиментации.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и МНТИ в рамках научного проекта № 19-53-06014.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Koroleva M., Gorbachevski O., Yurtov E. Reparation and characterization of lipid microcapsules coated with SiO_2@Al_2O_3 core-shell nanoparticles as carries for lipophilic drug delivery // Mater. Chem. Phys., 2017, V. 202, P. 1-6.
2. Koroleva M.Y., Nagovitsina T.Y., Yurtov E.V. Properties of nanocapsules obtained from oil-in-water nanoemulsions // Mendeleev Commun., 2015, V. 5, P. 389-390.
3. Королева М.Ю., Наговицына Т.Ю., Быданов Д.А., Юртов Е.В. Прямые наноэмульсии, стабилизированные смесями неионогенных ПАВ // Бутлеровские сообщения, 2014, Т. 38, С. 119-125.
4. Мищенко Е.В., Гилёва А.М., Сапач А.Ю., Курбанова Л.А., Марквичева Е.А., Королёва М.Ю. Липидные нано- и микрочастицы для доставки противораковых лекарственных соединений // Успехи в химии и химической технологии, 2019, Т. 33, № 10 (220), С. 32-34.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАНОКАПСУЛ В еЛИПОСОМАХ

М.Ю. Королёва[1], А. Плотниеце[2]

1) Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, m.yu.kor@gmail.com

2) Латвийский институт органического синтеза, Рига

Липосомы и липидные нанокапсулы являются перспективными средствами для доставки лекарственных соединений в организм человека. В липосомах инкапсулируют гидрофильные вещества во внутреннем водном ядре и амфифильные соединения, которые встраиваются в фосфолипидный бислой. Липидные нанокапсулы наиболее эффективны для инкапсулирования липофильных соединений. Если соединить эти две структуры в единый гибридный носитель, то можно объединить достоинства этих систем и проводить доставку лекарственных соединений различной природы одновременно. В литературе описаны подобные типы систем - везосомы, содержащие внутри фосфолипидной мембраны другие более мелкие липосомы (везикулы), дендросомы, состоящие из молекул дендримеров, окруженных фосфолипидным бислоем [1, 2], однако они недостаточно эффективны для транспортирования липофильных соединений. Гибридный носитель, в котором нанокапсулы, получаемые на основе капель наноэмульсии М/В, инкапсулированы внутри фосфолипидной мембраны получили название еЛипосомы (eLiposomes) (рис. 1).

Для быстрого проникновения в пораженные клетки необходимо, чтобы не происходила агрегация нанокапсул внутри липосомальной мембраны.

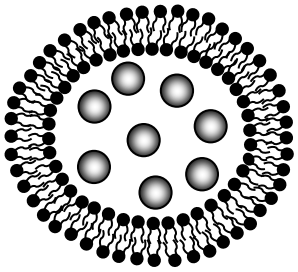


Рис. 1. Схематическое изображение еЛипосомы, состоящей из нанокапсул, окруженных липосомальной мембраной

Экспериментальное исследование структуры еЛипосом представляет собой сложную задачу. При высушивании или замораживании образцов для электронной микроскопии нанокапсулы могут агрегировать внутри еЛипосомы. Поэтому в данном случае эксперименты *in silico* являются эффективном способом определения устойчивости нанокапсул.

Было проведено математическое моделирование поведения нанокапсул в ограниченном объеме методом динамики Ланжевена [3-5]. Заряд нанокапсул был равным 0 мВ, размер - 30 нм, доля φ внутри водного ядра еЛипосомы составляла 0,01-0,04. Размер модельной ячейки был равен 300x300x300 нм.

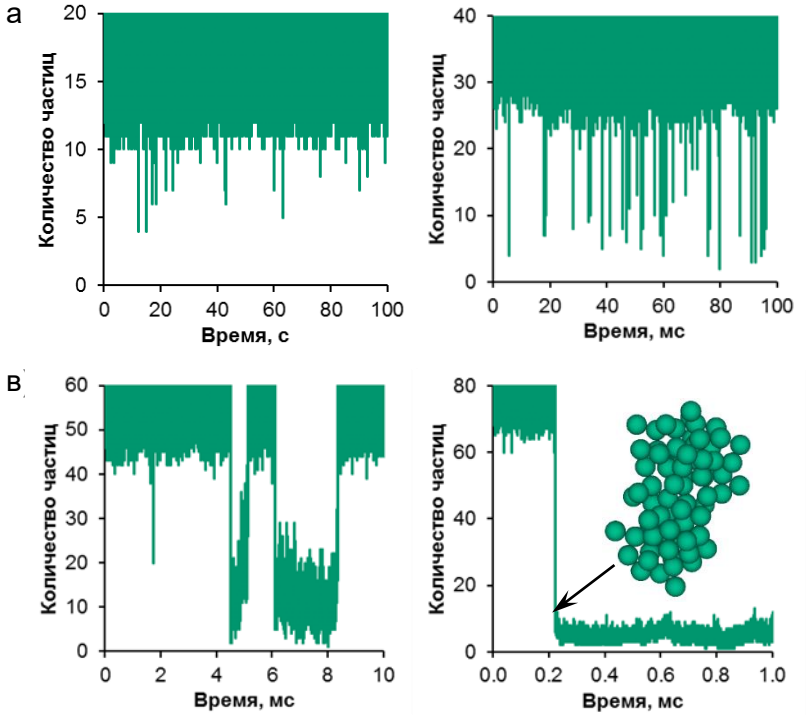


Рис. 2. Зависимости количества агрегатов в модельной ячейке от времени. φ: 0,01 (а), 0,02 (б), 0,03 (в), 0,04 (г)

Расчеты показали, что при φ=0,01 и 0,02 не происходило образования устойчивых агрегатов. Время жизни агрегатов было чрезвычайно мало, и через доли секунды они распадались на отдельные нанокапсулы. При φ=0,03 время жизни агрегатов возрастало, но они также распадались. Только при φ=0,04 система была неустойчивой, и через

~2,5•10^{-4} с происходило образование агрегата, включающего более 70 нанокапсул из 80, присутствующих в модельной ячейке. Этот агрегат перестраивался по форме и структуре, но число входящих в него нанокапсул изменялось незначительно.

Таким образом, при получении еЛипосом необходимо, чтобы доля нанокапсул внутри липидной мембраны не превышала 0,03, либо их поверхность имела бы заряд, по знаку совпадающий с зарядом липидной мембраны.

1. Kisak E.T., Coldren B., Evans C.A., Boyer C., Zasadzinski J.A. // Curr. Med. Chem., 2004, V. 11, P. 199-219 199.
2. Paleos C.M., Tsiourvas D., Sideratou Z., Pantos A. // J. Controlled Release, 2013, V. 170, P. 141–152.
3. Koroleva M., Tokarev A., Yurtov E. // Colloids and Surf. A, 2015, V. 481, P. 237-243.
4. Koroleva M., Tokarev A., Yurtov E. // Arab. J. Chem., 2016, V. 12, P. 4458-4465.
5. Koroleva M.Yu., Tokarev A.M., Yurtov E.V. // Mendeleev Commun., 2017, V. 27, P. 518-520.

ФОРМИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ МЫШЦ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКОН НА ОСНОВЕ РЕГУЛИРУЕМЫХ НАНОСТРУКТУР

К.М. Рябчевский[1], И.С. Цебрук[2] , Н.В. Классен[2]

1) ГБОУ Московской обл., Физ.- мат. лицей, Сергиев Посад, cebruk@issp.ac.ru

2) Институт физики твердого тела РАН, Черноголовка, klassen@issp.ac.ru

Разработки способов формирования искусственных мышц актуальны, по меньшей мере, с трех точек зрения: медицинской - для решения проблем инвалидов «умными» протезами с функциями, компенсирующими утрату собственных конечностей, военно-производственной – для многократного увеличения эффективной физической силы, инженерной – для создания механических устройств по принципам мышечной системы по эффективности значительно превосходящих существующие двигатели электрические или внутреннего сгорания. В известных на сегодня вариантах искусственных мышц, как правило, используются макроскопические процессы: изменение размеров силовых элементов с помощью пневматики, термического расширения, электростатики. С другой стороны, в живых системах механические усилия создаются с помощью перестроек атомно-молекулярных структур в наномасштабах. Так работают и молекулярные моторы, обеспечивающие энергетику организма, и гладкая мускулатура, определяющая внутреннюю транспортировку питательных и прочих веществ, и поперечно-полосатые мышцы, формирующие внешние усилия млекопитающих. В данной работе мы исследуем несколько способов использования наноструктур для создания искусственных мышц. Первый – формирование неоднородной асимметричной деформации в поперечном сечении полимерных микроволокон. Один их путей создания такой неоднородности - вытягивание этого микроволокна из раствора в таких условиях, когда темпы его отверждения в разных секторах поперечного сечения сильно различны (например, с помощью сильного обдува в диаметральном направлении, задающего большие различия в скоростях испарения растворителя). В результате создается существенная асимметрия деформаций на противоположных концах диаметра волокна, вызывающая его винтовую и спиральную закрутку. Соответственно этому возникает внутренняя неоднородность ориентации полимерных молекул в поперечном сечении волокна. А далее те или иные изменения взаимодействия между соседними молекулами с помощью внешнего электрического поля, модификации межатомных связей ультрафиолетовым облучением

или варьированием температуры будут индуцировать перестройку взаимной ориентации молекул с соответствующими изменениями их спирально-винтовых форм и размеров. Еще один прием – введение в вытягиваемое микроволокно магнитоактивных или электроактивных наночастиц (например, ферромагнитных наночастиц никеля или сегнетоэлектрических наночастиц титаната бария). Многие сочетания наночастиц и полимеров (как синтетическго, так и биологического происхождения) проявляют активные взаимодействия, отражающиеся на размерах и форме таких микроволокон. Наложения на эти композиции магнитных и электрических полей благодаря их активному взаимодействию с компонентами микроволокон будут изменять внутреннее состояние системы и, соответственно, внешние форму и размеры. Эксперименты по изменению формы растительных микроволокон электрическим полем, представленные на этой конференции в работе Коломийца и Винокурова, показывают, что величина поля, достаточная для существенно изменения формы и размера, вполне достаточных для формирования искусственной мышцы, невелика – порядка 50 в/см. В растительных волокнах роль электрически активных включений играют мембраны наноразмерной толщины, перегораживающие внутренние полости микрокапилляров. А при использовании в микроволокнах сегнетоэлектрических наночастиц действующее поле может быть еще слабее. Кроме того, при формировании композиций из электрически активных наночастиц и биополимеров (ДНК, коллагена или хитозана – как биополимеров, двуокиси кремния, титанатов бария или свинца – ка наночастиц) в их приконтактных областях образуются электромеханические низкочастотные резонаторы, когда переключение формы и размеров микроволокна могут выполняться совсем слабыми полями, но резонансных частот. Это позволяет формировать искусственные мышцы с высокой энергетической эффективностью.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ НЕНАСЫЩЕННОЙ ПОЛИЭФИРНОЙ СМОЛЫ С НАНОЧАСТИЦАМИ AL_2O_3

А.А. Хархуш, А.А. Сейткасымова, Е.В. Юртов

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва,

sumarian_eng@yahoo.com

Ненасыщенные полиэфирные смолы (НПС), благодаря своим уникальным свойствам, все чаще заменяют традиционные материалы в строительстве, быту и во многих других областях науки и техники [1]. С другой стороны, НПС обладают низкой устойчивостью к пламени и высоким температурам и большое количество токсичных продуктов выделяется во время их горения. Для увеличения огне- и термостойкости полимерных материалов используют галоген- и фосфорсодержащие антипирены, которые необходимо добавлять в полимерную матрицу с концентрацией не менее 10%, что обычно приводит к значительному снижению механических свойств получаемого композита. Поэтому возникла необходимость в замене обычных антипиренов на наноразмерные частицы [2,3]. Среди них выделяют оксид алюминия, который является эффективным антипиреном и при этом экономически выгоден. Целью данной работы является получение полимерных нанокомпозитов на основе НПС и наночастиц оксида алюминия с пониженной горючестью.

Синтез наночастиц Al_2O_3 и получение нанокомпозитов

Синтез наночастиц оксида алюминия осуществлялся в два этапа. На первом этапе были получены наночастицы гидроксида алюминия, на втором этапе гидроксид алюминия термическии разлагался с образованием наночастиц оксида алюминия. Частицы гидроксида алюминия синтезировали методом химического осаждения из раствора. В качестве прекурсора был использован $Al_2(SO_4)_3$*$10H_2O$, в качестве осадителя – карбонат натрия, взятый в стехиометрическом соотношении. Полученный $Al(OH)_3$ нагревали до 900 °C для получения наночастиц Al_2O_3.

При получении нанокомпозитов на основе НПС смесь подвергали воздействию ультразвука для равномерного распределения наночастиц в матрице полимера. Далее образцы нанокомпозитов получали с использованием инициатора и ускорителя отверждения, перемешивая при 400 об/мин и температуре 60°C в течение 4 часов. При

этом были получены образцы нанокомпозитов на основе полиэфирной смолы, содержащие 1, 3, 5, 7 мас.% наночастиц Al_2O_3.

СЭМ изображение наночастиц оксида алюминия приведен на рисунке. Было установлено, что средний размер наночастиц Al_2O_3 равен 60±10 нм. Оценивали степень карбонизации и скорость горения полученных композиций.

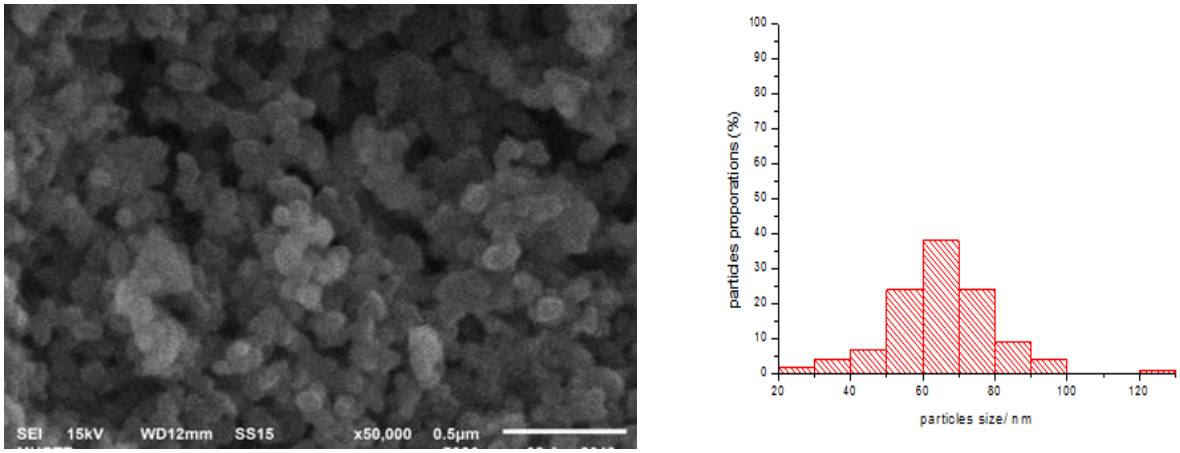


Рис. СЭМ изображение наночастиц Al_2O_3

В результате исследований наблюдалось повышение огнестойкости для всех полученных композиционных материалов, содержащих наночастицы Al_2O_3 в качестве антипирена.

По полученным в работе результатам, можно сделать вывод о том, что наночастицы Al_2O_3 способствуют повышению огнестойкости композиционного материала на основе ненасыщенной полиэфирной смолы.

1. Mouritz A. P., Gibson A. G. Fire properties of polymer composite materials. Springer Science & Business Media. 2007. Vol. 143.

2. Серцова А. А., Маракулин С. И., Юртов Е. В. Наночастицы соединений металлов-замедлители горения для полимерных композиционных материалов //Российский химический журнал. 2015. Т. 59. №. 3. С. 78-85.

3. Sertsova A.A., Marakulin S.I., Yurtov E.V. Metal compound nanoparticles: Flame retardants for polymer composites // Russian Journal of General Chemistry. 2017. Vol. 87. Issue 6. P. 1395-1402.

ВЛИЯНИЕ СТЕАРАТА АЛЮМИНИЯ НА СТАБИЛЬНОСТЬ ТВЕРДЫХ ЛИПИДНЫХ НАНОЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ СТЕАРИНОВОЙ КИСЛОТЫ

А.Д. Широких, М.Ю. Королёва, Е.В. Юртов

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
aevstigneeva@muctr.ru

Твердые липидные наночастицы (ТЛН) являются перспективным типом носителей для адресной доставки лекарственных препаратов за счет возможности высокой загрузки активными веществами [1]. В качестве активных компонентов могут применяться не только химиотерапевтические лекарственные вещества, загружаемые в ТЛН, но и органические соли различных металлов, что делает их перспективными носителями для диагностики раковых заболеваний.

Применимость таких систем для адресной доставки лекарственных веществ, наряду с наноэмульсиями [2, 3], во многом определяется средним размером частиц и их стабильностью в течение длительного времени.

В данной работе синтез ТЛН осуществляли из расплавленной стеариновой кислоты с добавлением 12,5 мас. % поверхностно-активных веществ (Tween 60 и Span 60), определенного количества стеарата алюминия и физиологического раствора (0,15 М NaCl) методом температурной инверсии фаз.

С увеличением содержания стеарата алюминия в смеси от 0 до 0,4 мас. % от общего объема эмульсии наблюдалось увеличение размеров ТЛН от 25 до 40 нм (рис. 1, 2). При этом резко возрастала вязкость суспензии. Наиболее вероятно, что средний размер ТЛН возрастал из-за менее интенсивного перемешивания при инверсии фаз в дисперсной системе.

Анализ стабильности показал, что включение в состав ТЛН стеарата алюминия оказывает стабилизирующее действие. Время начала отслаивания водной фазы в суспензии, не содержащей стеарат алюминия, составляет ~24 ч. При концентрации стеарата алюминия 0,05 мас.% - 14 сут, 0,4 мас.% - 19 сут.

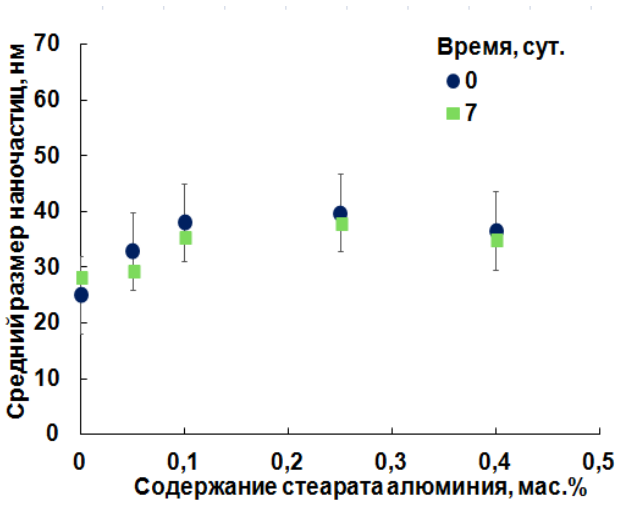


Рис. 1. Зависимость среднего размера ТЛН от концентрации стеарата алюминия

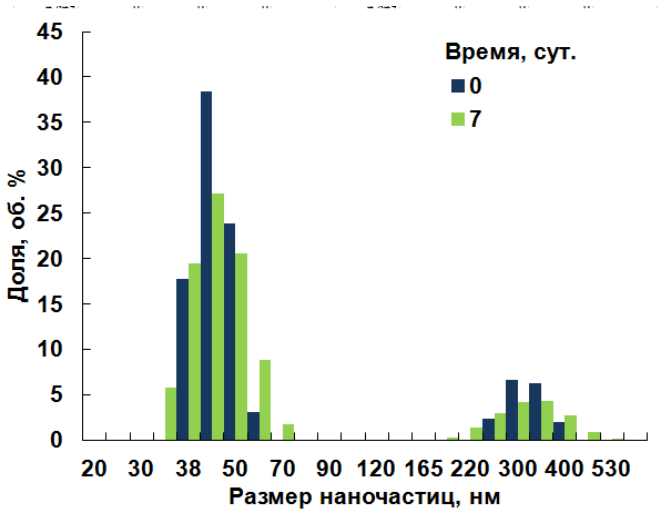


Рис. 2. Распределение ТЛН с 0,4 мас. % стеарата алюминия по размерам

Таким образом, добавка стеарата алюминия способствует увеличению среднего размера твердых липидных наночастиц на основе стеариновой кислоты, полученных методом температурной инверсии фаз, но в то же время способствует увеличению стабильности ТЛН и их суспензий в физиологическом растворе.

Список литературы

1. Koroleva M., Gorbachevski O., Yurtov E. Preparation and characterization of lipid microcapsules coated with SiO_2@Al_2O_3 core-shell nanoparticles as carries for lipophilic drug delivery. // Materials Chemistry and Physics. - 2017. - V. 202. - P. 1-6.

2. Королева М.Ю., Наговицына Т.Ю., Быданов Д.А., Юртов Е.В. Прямые наноэмульсии, стабилизированные смесями неионогенных ПАВ. // Бутлеровские сообщения. - 2014. - Т. 38. - № 4. - С. 119-125.

3. Koroleva M.Y., Nagovitsina T.Y., Yurtov E.V. Properties of nanocapsules obtained from oil-in-water nanoemulsions. // Mendeleev Communications. - 2015. - V. 25. - № 5. - P. 389-390.

Наноструктурированные покрытия

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ИНВЕРТИРОВАННЫХ ОПАЛОВ СЕРЕБРА

Р.И. Арабов[1], А.В. Григорьева[2], М.Ю. Комарова[3]

1. *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, rust.arabov@gmail.com*
2. *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, anastasia.grigorieva@gmail.com*
3. *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, mary.jane8111@gmail.com*

В настоящее время сенсоры на основе эффекта гигантского комбинационного рассеяния (ГКР) разрабатываются для практического применения в химическом анализе, биологии, медицине, фармацевтике, экологии, судебной практике. Эффект ГКР заключается в усилении сигнала КР молекул при помещении их в раствор с металлическими наночастицами или на поверхность ГКР-активных подложек. Усиление сигнала обусловлено эффектом поверхностного плазмонного резонанса, который возникает при облучении наночастиц металла светом. Наиболее распространёнными материалами, используемыми для создания ГКР-активных подложек, являются благородные металлы, в частности, серебро. Инвертированные опалы, получаемые путём заполнения пустот коллоидных кристаллов серебром с последующим удалением матрицы, перспективны для использования в ГКР-спектроскопии. Электрохимический метод осаждения серебра позволяет получать инвертированные опалы с заданными параметрами, чем привлекателен и для данной задачи.

Целью данной работы является получение инвертированных опалов серебра (ИОС), перспективных для использования в ГКР-спектроскопии. В ходе работы были решены задачи по синтезу и исследованию электролитов серебрения (кислых и нейтральных), получению и исследованию гладких серебряных плёнок и ИОС методами растровой электронной микроскопии (РЭМ), рентгеноспектрального микроанализа (РСМА), спектроскопии зеркального отражения (СЗО), рентгенофазового анализа (РФА).

Были получены и изучены несколько электролитов серебрения, подобраны оптимальные условия синтеза плёнок и ИОС. Были синтезированы гладкие серебряные плёнки и ИОС на проводящих подложках (материал подложек - стекло со слоем ITO, золота, серебра). Синтез ИОС осуществлялся по следующей схеме: получение прямого опала из полистирольных микросфер на проводящей подложке, электроосаждение серебра на эту подложку, химическое удаление микросфер. Элементный состав и структура полученных образцов были исследованы методами РФА, РЭМ, РСМА. Исследование оптических свойств ИОС осуществлялось на основе спектров зеркального отражения. Из полученных данных были сделаны выводы о перспективности применения образцов в ГКР-спектроскопии.

Работа поддержана Российским Фондом Фундаментальных Исследований (грант № 19-03-00849).

ВЗАИМОСВЯЗЬ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ И АНТИАДГЕЗИЙНЫХ СВОЙСТВ УЛЬТРАТОНКИХ (НАНОРАЗМЕРНЫХ) ФТОРПОКРЫТИЙ

А.С. Вохидов

Институт проблем машиностроения, rvokhidov@list.ru

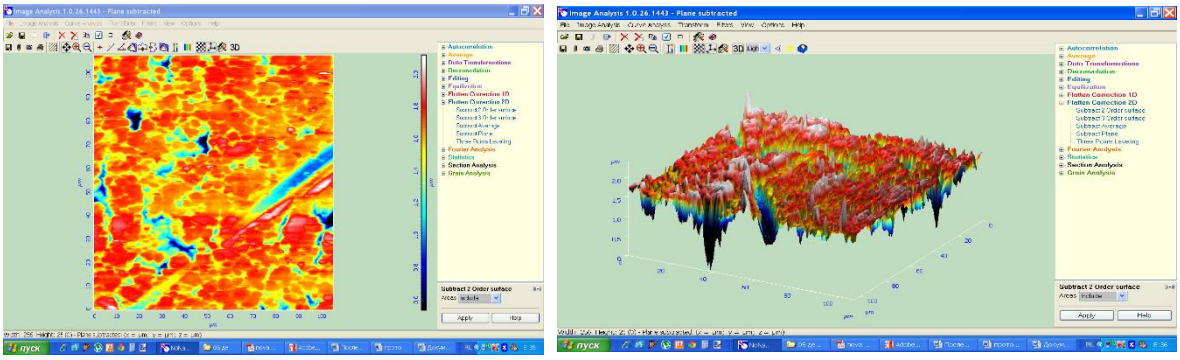
В мире разрабатываются различные фторсодержащие нанопокрытия для аэрокосмической и автомобильной промышленности, впоследствии адаптируемые для других отраслей, где применяемые пленки обеспечивают не только износо- и коррозионную стойкость поверхностей и изделий, но и анти-налипание (антиадгезийность), бактерицидность. Новые разработки в наноиндустрии вносят серьезные изменения и в сферу функциональных покрытий. Так, покрытие, наносимое на фонарь кабины пилота самолёта, снижает солнечный поток на 40%, радиацию - на 30%, электромагнитное излучения в 250 раз, обработка авиалайнеров антиобледенителями производится один раз в неделю, что существенно снижает расходы, сохраняет новизну ЛКП и повышает износостойкость обрабатываемых поверхностей. Схожие передовые разработки из других отраслей находят применение в машиностроении, металлобработке, нефтехимии, медицине и энергетике.

Современный научный подход показывает, что нанесение наноразмерных покрытий без использования специализированного оборудованияя можно осуществить при нанесении наноразмерных частиц и молекул пленкообразующих композиций на обезжиренную поверхность, где начинается процесс адсорбции и хемосорбции молекулярного слоя на поверхности (рис. 1). Из большого числа технологий получения ультратонких покрытий наиболее экономичной и безопасной является предложенная технология эпиламирования, основанная на закреплении посредством полимеризации фторуглеродных частий с последующим синтезом фторПАВ и хемосорбцией (после нанесения) полимеризованного мономолекулярного слоя фторПАВ, дающего после испарения растворителей многофункциональные (в том числе защитные) наноплёнки с определенными свойствами по износостойкости и низкой адгезией (поверхностной энергией).

Установлено, что исследование параметров микрорельефа поверхности подложек может стать существенным источником информации о модифицирующем воздействии

фторактивных ПАВ до нанесения и после нанесения наноразмерных равномерных слоёв покрытий, где наблюдалось разные значения адгезии к поверхности и трибопараметры.

Рис. 1 Профилограмма поверхности после и нанесения композиции Эпилам СФК-05 (ТУ2412-002-13868195-2012) и хемосорбции молекул фтора на поверхности



Несмотря на незначительное изменение параметра адгезии композиции после нанесения покрытия «эпилам СФК-05», четко прослеживается зависимость снижения адгезии (до 0,54МПа) и повышения износостойкости (до 140Нм), после чего наступает значение жесткой потери устойчивости, что характеризуется бифуркацией.

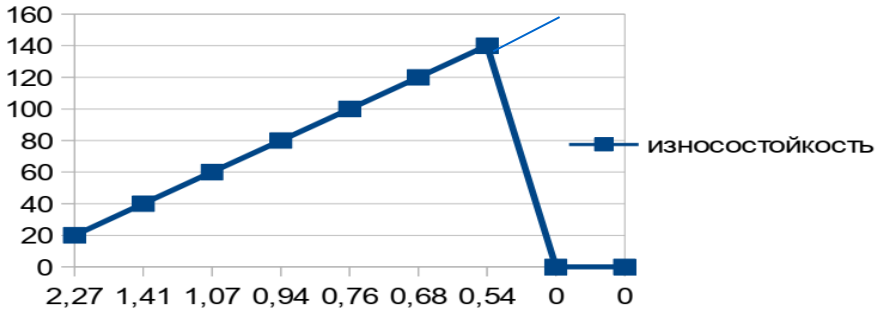


График 1. Зависимость адгезии и износостойкости.

Из графика 1 нетрудно заметить зависимость между адгезией (налипанием) к обработанной поверхности и износостойкостью. Точка бифуркации — это значение 140Нм и 0,54МПа. По результатам статистических расчетов и эмпирического наблюдения установлена функция (y-износостойкость) зависимости износостойкости и адгезии (x-значение адгезии): $y=-(0,35\cdot x-1,4)\cdot 100$. Действительно, данная зависимость и закономерность подтверждается испытанием современных антифрикционнных и антиадгезийных материалов. Данную закономерность на практике можно использовать для определения всех групп тонкослойных покрытий, в т.ч. из соединений фтора, кремния, углерода, азота, кадмия.

МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ В ПРОЦЕССАХ СИНТЕЗА НАНОПЛЕНОК

В.И. Марголин[1], В.А. Тупик[1], А.А. Потапов[2], Д.А. Герасимов[1]

1) Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ", Санкт-Петербург, v.margolin@mail.ru

2) Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Москва, potapov@cplire.ru

Магнетронное распыление с использованием дугового разряда представляется весьма перспективным технологическим процессов синтеза нанопленок, поскольку обеспечивает высокую адгезию синтезируемых пленок. При возникновении дугового разряда на поверхности дугового испарителя образуется катодное пятно с диаметром горения разряда дуги порядка 1-3 мкм при токе дуги 100-150 А, что обеспечивает на поверхности дугового испарителя чрезвычайно высокую плотность тока и вызывает локальное плавление испарителя в области пятна. Образовавшиеся ионы ускоряются электрическим полем и осаждаются с высокой энергией, что и обеспечивает высокую степень адгезии наносимого покрытия. Основным недостатком этой технологии является наличие капельной фазы, так как размеры капель обычно превышают, и весьма существенно, толщины напыляемых наноразмерных пленок. Кроме того образующиеся микрокапли обычно электронейтральны, что не позволяет использовать электрические и магнитные поля для их удаления и нейтрализации [1].

Исключение из потока распыляемого материала капельной фазы возможно с помощью катушки фокусировки, формирующей плазменный факел, направленный по оси системы. В плазменном факеле присутствуют как ионы распыляемого вещества, так и его капли. Размещенная на оси дугового испарителя заслонка избавляет поток напыляемого вещества от прямолетящих капель, а установленная внутри корпуса катушки фокусировки по меньшей мере одна заслонка от капель, летящих под углом от катода. Заслонка выполнена в виде усеченного конуса из немагнитного металла, причем диаметр большего основания конуса равен внутреннему диаметру корпуса катушки фокусировки, а меньший диаметр конуса, обращенный в сторону катода равен удвоенному диаметру заслонки, сосной с катодом испарителя [2].

Для улучшения качества синтезируемых покрытий и возможности эффективно регулировать расход напыляемого материала необходимо управлять параметрами плазменного факела. Для этого обмотка катушки фокусировки подключена к своему источнику питания через дополнительный регулируемый переключатель, позволяющий менять направление движения тока в катушке фокусировки на противоположное, а корпус катушки фокусировки подключен к дополнительному источнику питания через дополнительный переключатель, который позволяет осуществлять подачу на корпус катушки фокусировки положительного или отрицательного плавно регулируемого потенциала относительно нулевого, а так же полностью исключать подачу любого потенциала на корпус катушки фокусировки [3].

The authors would like to acknowledge the financial support of this work by the Ministry of the Education and Science of the Russian Federation (basic state assignment No. 8.7130.2017/8.9),

and the Russian Foundation for Basic Research, project no. 18-08-01356, and by the “Leading Talent Program in Guangdong Province” program at the Jinan University (China, Guangzhou), project no. 00201502, 2016–2020.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тупик В.А., Потапов А.А., Марголин В.И. Повышение качества нанопленок, получаемых магнетронным распылением // Нанофизика и наноматериалы. Сб. научн. трудов / Санкт-Петербургский горный университет. СПб. 2019. 322 с. (Междунар. Симпозиум, 27-28 ноября 2019 г.) - С. 290-294.

2. Дуговой испаритель, Патент РФ на полезную модель № 179881, Марголин В.И., Марков Е.С., Старобинец И.М., Трефилов В.В., Тоисев В.Н., Тупик В.А., опубл. 28.05.2018, бюл. № 16.

3. Устройство для нанесения тонкопленочных покрытий, Патент РФ на полезную модель № 194 223, Марголин В.И., Тоисев В. Н., Тупик В.А., Старобинец И.М., Есикова Ю.С.; опубл. 03.12.2019 Бюл. № 34

НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ЛЕГИРУЕМЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ МЕТОДОМ ВИБРОПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ

С.Н. Шарифуллин[1], В.А. Денисов[2], Р.Н. Задорожний[2], В.А. Зуевский[2]

1) Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия, Saidchist@mail.ru

2) Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Россия, gosniti8@mail.ru

Многие детали и узлы машин и механизмов работают в условиях агрессивных сред и средах с абразивными частицами. В результате они быстро теряют свою работоспособность. Восстановление изношенных деталей традиционными технологиями ремонта не обеспечивают конкурентоспособность продукции. Выход здесь один – использование технологий упрочнения поверхностей деталей машин и механизмов с применением концентрированных потоков энергии. Среди них наиболее простыми и доступными являются плазменные технологии упрочнения изношенных поверхностей с применением электроискровых и вибродуговых разрядов, или кратко, виброплазменных методов. Данная технология позволяет производить комплексную обработку поверхности с внедрением в структуру поверхностного слоя изделия целый перечень легирующих элементов твердосплавных материалов, науглероживание этого слоя и создание упрочненного слоя, состоящего из оксидов, карбидов, боридов и нитридов. При этом происходит термодиффузионное упрочнение материала основы по глубине детали с легированием в поверхностный слой детали целого комплекса элементов материала электродов, а упрочненный слой представляет собой продукты плазмохимической реакции элементов материала электрода, как с основой поверхности, так и с окружающей средой. Появляется упрочненный слой с оплавленной основой, перемешанным материалом электродов и продуктами твердосплавных соединений.

Для изготовления лемехов плуга сельскохозяйственных машин используются стали Л53, Л65 или 65Г. В нашей работе исследования производились на образцах из стали 65Г размером 40х40 мм с толщиной 4 мм. Были исследованы элементный состав поверхностного слоя образцов,

микротвердость поперечных шлифов и микроструктура до и после комплексной виброплазменной обработки. Исследования показали, что поверхностный слой, сформированный при виброплазменной обработке, представляет собой новую композиционную структуру. Верхний тонкий слой состоит из материала анода, модифицированного элементами материала катода и межэлектродной среды. Под верхним слоем располагается модифицированный упрочненный слой, состоящий из смеси материалов анода и катода. Под ним располагается зона термического влияния, образованная в результате импульсного теплового воздействия. На рисунке 1 представлен спектр характеристического рентгеновского излучения поверхностного слоя образца из стали 65Г после электроискровой обработки с электродом из тугоплавкого материала ВК-6. Если у исходного образца в спектрах присутствует

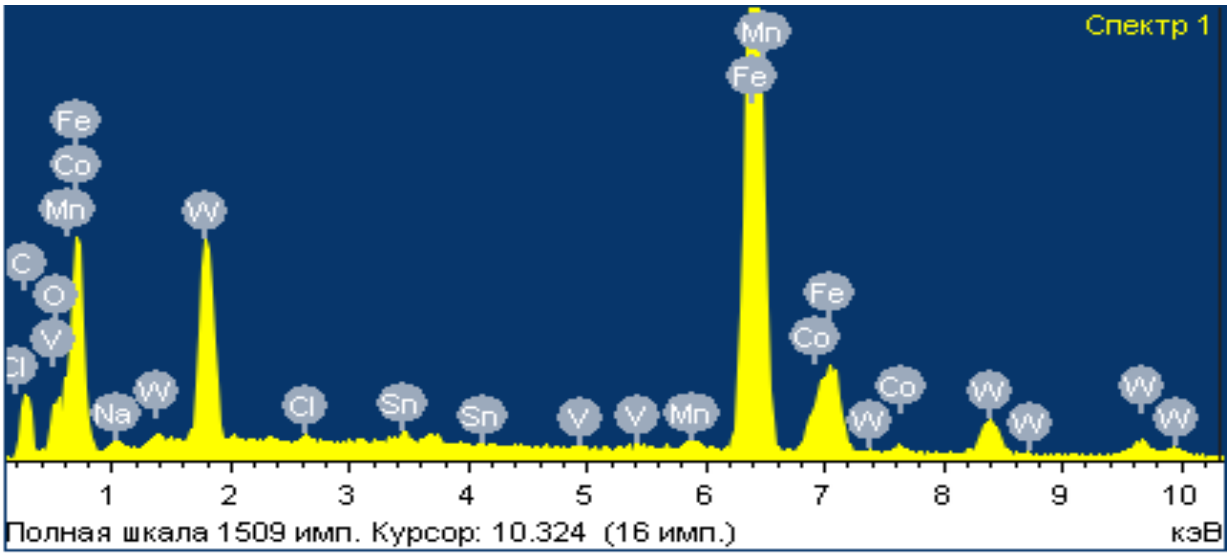


Рисунок 1 – Спектр характеристического рентгеновского излучения поверхностного слоя характерной площади образца из стали 65Г, упрочненного электроискровой обработкой

всего 4 элемента (железо, углерод, марганец и кремний), то в обработанном – более десяток элементов. Причем одни и те же элементы проявляются на разных энергетических уровнях. Это означает, что в результате плазмохимических реакций происходит образование новой структуры поверхностного слоя материала детали не только с легированием элементов электрода, но и с появлением различных оксидов, боридов, карбидов и нитридов.

Наноструктурированные металлы и керамики

МЕХАНОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ $ND_2FE_{14}B$

О.Э. Абдурахмонов[1], Е.В. Юртов[1], А.Г. Савченко[2], Е.С.Савченко[2]

1) Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, odilzhon.abdurakhmonov@mail.ru;

2) Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, savchenkoelena@yandex.ru

Современные методы обработки постоянных магнитов $Nd_2Fe_{14}B$ представляют собой либо дорогостоящие физические методы, либо химические методы. Физические процессы включают порошковую металлургию в процессе спекания, механическое измельчение в шаровых мельницах, прядение из расплава, в которых в качестве исходных материалов используются металлические особо чистые порошки [1,2]. Химический синтез магнитов включает в себя методов золь-гель и осаждение [3,4]. Металлургические методы являются дорогими из-за использования особо чистых металлов и потребления огромного количества энергии. Стремление к разработке новых технологий, обработке с более низкой стоимостью и более низким потреблением энергии стало более актуальным.

Возможность использования в механохимических методах оксидов металлов, а также применение восстановительных процессов позволяет снизить стоимость продукции [5].

Экспериментальная часть

В качестве прекурсоров в этом исследовании были использованы Nd_2O_3 (х.ч.), Fe_2O_3 (ч.д.а), B_2O_3 (х.ч.) гранулы Ca (ч.д.а). Порошки смешивали, загружали для измельчения в чашу из карбида вольфрама. Процесс измельчения проводили в планетарной шаровой мельнице Fritch Pulverisette-7 с соотношением шариков к порошку 14:1. После измельчения порошки осаждали центрифугой и сушили под вакуумом. Процесс восстановления проводили при 800 °C в потоке водорода. Термообработанные порошки промывали, затем измельчали пестиком в ступке до мелких порошков.

Для изучения морфологии частиц была применена сканирующая электронная микроскопия (СЭМ). Для определения размеров частиц синтезированных образцов был использован метод динамического

светорассеивания (ZetaSizer). Изображение СЭМ и гистограмма распределения частиц по размеру, обработанного, показаны на рисунки 1 а и б.

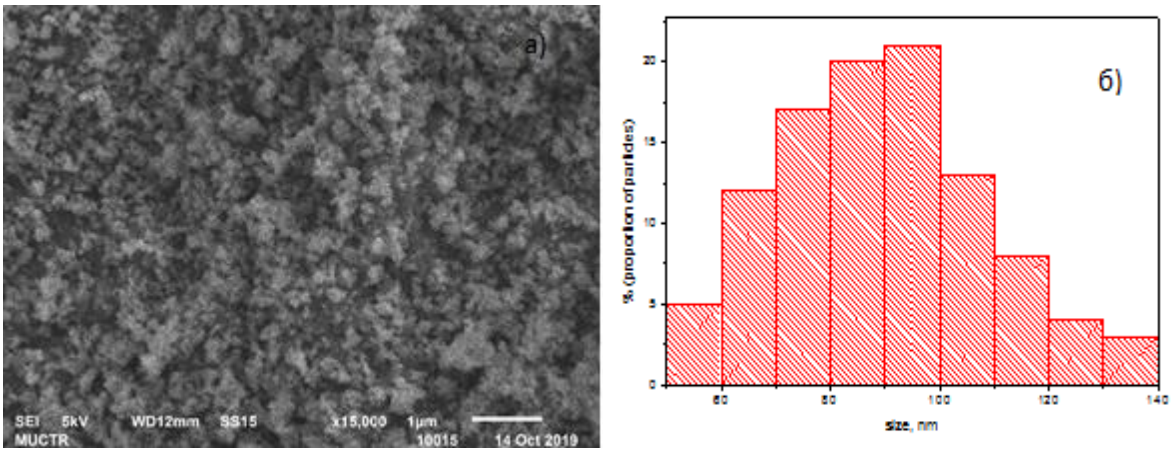


Рис.1. а - СЭМ-изображение синтезированных порошков; б – гистограмма распределения размера частиц.

По полученным в работе результатам было выявлено, что большинство частиц являются поликристаллами с размером частиц в диапазоне 50-140 нм. Механохимическое измельчение смесей порошков оксидов неодима, железа и бора, не приводят к прямому синтезу фазы $Nd_2Fe_{14}B$. Восстановление измельченных порошков при 800 °C в потоке водорода в течение 2 ч приводит к образованию магнита.

1. Brown D., Ma B.M., Chen Z. Developments in the processing and properties of NdFeB-type permanent magnets // J. Magn. Magn Mater., 2002. Vol. 248. P. 432-440.
2. Lukashova N.V., Savchenko A.G., Yagodkin Yu.D., Muradova A.G., Yurtov E.V. INVESTIGATION OF STRUCTURE AND MAGNETIC PROPERTIES OF NANOCRYSTALLINE IRON OXIDE POWDERS FOR USE IN MAGNETIC FLUIDS // Journal of Alloys and Compounds. 2014. T. 586. Vol. 1. P. 298-300.
3. Rahimi H., Ghasemi A., Mozaffarinia R., Tavoosi M. Magnetic properties and magnetization reversal mechanism of Nd-Fe-B nanoparticles synthesized by a sol-gel method // J. Magn. Magn Mater., 2017. Vol. 444. P. 111-118.
4. Muradova A.G., Zaytseva M.P., Sharapaev A.I., Yurtov E.V. INFLUENCE OF TEMPERATURE AND SYNTHESIS TIME ON SHAPE AND SIZE DISTRIBUTION OF FE3O4 NANOPARTICLES OBTAINED BY AGEING METHOD // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2016. T. 509. C. 229-234.

ЭЛЕКТРОТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, АРМИРОВАННЫХ НАНОСТРУКТУРНЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ ЧАСТИЦАМИ

Е.И. Дроздова[1], И.Н. Лукина[1], О.П. Черногорова[1], Е.А. Екимов[2], В.В. Измайлов[3], М.О. Апостолова[4]

1) Учреждение Российской академии наук Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, Москва, drozdova@imet.ac.ru

2) Федеральное государственное учреждение науки Институт физики высоких давлений, им. Л.Ф. Верещагина РАН, Москва, ekimov@hppi.troitsk.ru

3) Тверской государственный технический университет, г. Тверь, izmailov.vladimir@yandex.ru

4) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Москва, Hellocolors2@gmail.com

Электрофрикционные свойства композиционных материалов (КМ) на основе меди и серебра исследованы в зависимости от твердости и содержания армирующих частиц сверхупругого твердого углерода, полученных из фуллеренов. Твердость индентирования H_{IT} армирующих частиц повышали от 10 до 35 ГПа путем варьирования состава исходных фуллеритов (C_{60} или $C_{60/70}$), их механоактивации, а также повышения давления синтеза (от 5 до 8 ГПа). Установлено, что коэффициент трения при электротрибологических испытаниях КМ на основе меди не зависит от твердости армирующих частиц и составляет 0,25-0,28, что 2,2 раза ниже, чем для меди. При пропускании электрического тока коэффициент трения КМ на основе серебра с 5% армирующей фазы также вдвое ниже, чем у чистого серебра, но при этом контактное падение напряжения возрастает от 0,25 до 0,6 мВ. Армирование меди углеродными частицами размером от 5 до 150 мкм привело к снижению электропроводности, которая, тем не менее, остается достаточно высокой для практического применения. С учетом того, что износостойкость материала благодаря армированию повышается в 15-150 раз в зависимости от твердости армирующей фазы, появляется возможность поиска компромисса между износостойкостью и электропроводностью для нахождения оптимального их сочетания применительно к конкретным условиям эксплуатации.

ЭМИССИЯ ЗАРЯДОВ И ИОНОВ МЯГКИХ МЕТАЛЛОВ В МАСЛА

А.В. Дунаев, А.А. Гвоздев

1) Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, dunaev135@mail.ru

2) Ивановская сельскохозяйственная академия, Иваново, resurs1959@yandex.ru

Электрическая, магнитная, механо-химическая обработки масел изменя-ют их структуру и рабочие свойства, но в классической трибологии им уделе-но мало внимания. А электрические процессы при трении могут вызывать эле-ктроизнос. Поэтому изучение электрических процессов и управление ими актуаль-но. Так в Харьковской академии ж.-д. транспорта воздействуют на моторные и гид-равлические масла электрополем 1000 В/мм и удачно внедрили это на тяжелой технике Донбасса

Но к.т.н. Любимовым реализован простой прием - эмиссию в масла электро-зарядов с электродов под напряжением + 48 В. Прием обстоятельно исследован на машине трения в Таллинском университете, в Хельсинском диагностическом цент-ре испытаниями автомобиля (экономия бензина до 22,4%) и дизеля. Но разносто-роннее (по 276 параметрам работы ДВС ВАЗ-2108) влияние эмиссии выявлено Шабановым А.Ю. в Петербургском университете. Широко и обстоятельно апроби-рован прием авторами и их последователями на сотнях автомобильных, тепловоз-ных, судовых ДВС со снижением расхода топлива, на тяжелых редукторах и др. Но исследований по изнашиванию при эмиссии зарядов в масла пока мало.

На трибометре TRB-S-DE испытана пара «палец-диск» в 13-ти ступенчатом на-гружении до давления 228 МПа и скорости скольжения 100 см/с при вводе в масло М-10$Г_{2К}$ электродов из металлов Cu, Al, Zn, Sn, Fe. Получено снижение коэффици-ента трения с электродами из Zn на малых нагрузках с 0,08-0,09 к 0,037 (рис. 1).

А на машине трения СМТ-1 пару «ролик 7 мм – ролик 50 мм» из стали ШХ-15 5 мин прирабатывали под нагрузкой 1000 N, а 25 мин испытали с нагрузкой 2000

N при вращении нижнего большого ролика на 1/3 диаметра в масле при 400 мин$^{-1}$. Электроды из Zn, Sn, Cu. Давления в конце испытаний составили 2400 и 2600 МПа.

Во вторых испытаниях обнаружена усиленная адгезия на нижнем ролике масляной пленки даже после снятия напряжения с электродов. Проявилось часовое последействие электризации масла, когда без неё на нижнем ролике от истирания верхним оставалась оголенная полоса, а с эмиссией зарядов она быстро закрывалась маслом с соседних полос.

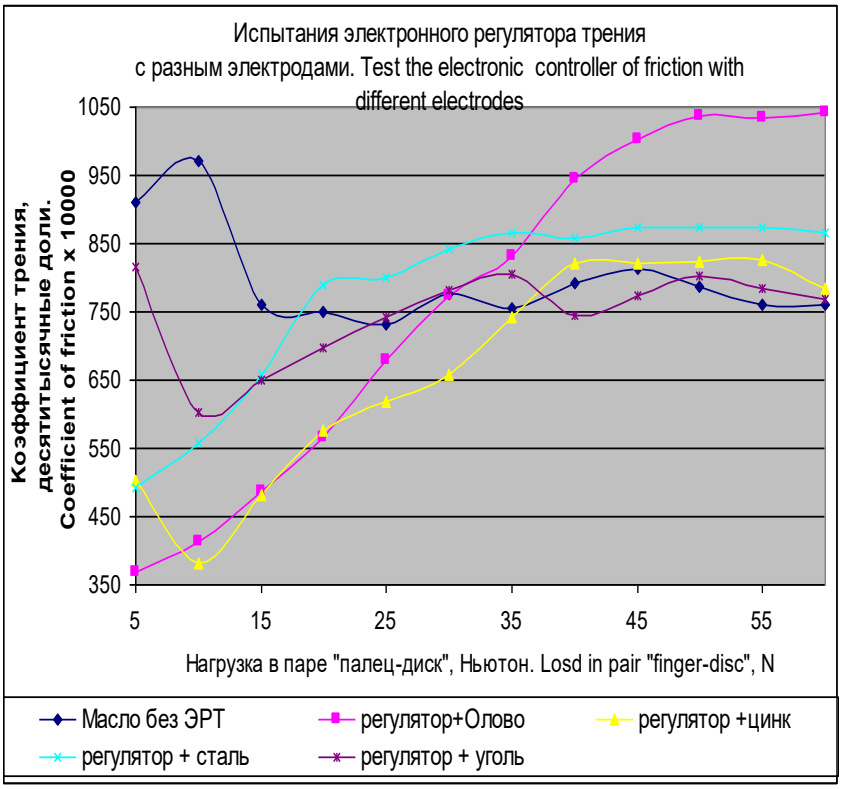


Рис. 1 – Динамика коэффициента трения пары палец-диск в масле М-10Г2К в зависимости от нагрузки до 228 МПа на трибометре TRB-S-DE с эмиссией зарядов в масло с оло-вянного, цинкового, ста-льного, угольного элек-тродов под напряжени-ем 48V. Так с цинковым при нагрузке 10 N он снизился с 0,096 до 0,037, а с медным и алюминиевым электрода-ми - аналогично

Не ясно влияние площади и формы эле-ктродов, их расположения у трибопар, в ДВС, КП, в гидрооборудовании.

В целом испытания показали: 2,7-3,5 раза уменьшение износа и тем самым увеличение ресурса узлов трения; уменьшение на 18 % момента трения – как снижение механических потерь и возможного уменьшения расхода топлива в ДВС; снижение на 20 % температуры трения, т.е. уменьшение теплонапряженности узлов трения, возможного исключение перегрева и деструкции смазок.

Для разных металлов выявлена своя оптимальная разность потенциалов между электродом и парой трения. Но связь между эффективностью электризации масел и электропотенциалами металлов электродов не выявлена.

Электровоздействие на масла - малозатратный ресурсосберегающий прием, может в 2-3 раза уменьшать изнашивание сопряжений и увеличивать их ресурс. Но оно подлежит исследованию с вводом в масла углеродных добавок, с разными типами свежих и работавших масел, требует широкой эксплуатационной апробации, разработке электродов с наиболее эффективными металлами для установки их нескольких в нагнетаемых и в разбрызгиваемых потоках масел. Обнаружение эффекта при использовании напряжения с клемм автотракторных генераторов тока откроет очень широкие перспективы применения эмиссии зарядов в разные масла.

СИНТЕЗ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ МЕТОДОМ SPS

Г.Д. Кардашова[1], Г.К. Сафаралиев[2]

1) Дагестанский государственный университет, Махачкала,

gulya-ka11@yandex.ru

2)Дагестанский государственный технический университет, Махачкала

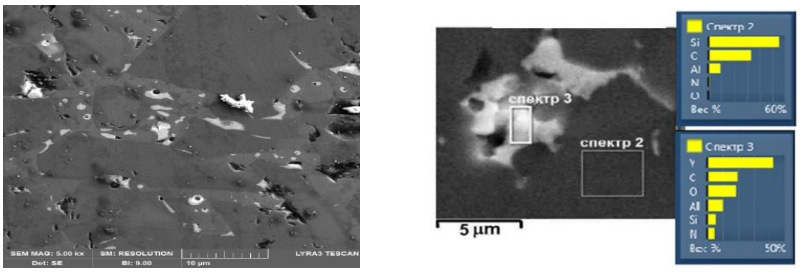
Керамические материалы на основе карбида кремния среди безкислородных керамоматериалов обладают уникальными функциональными и конструкционными свойствами, благодаря чему находят применение в разнообразных областях (огнеупоры, теплопроводящие подложки в полупроводниковой технике, мишени для вакуумно-плазменных процессов, элементы горячей зоны двигателей).

Известно, что спекание керамики на основе карбида кремния с нитридом алюминия по классической технологии горячего прессования при температурах ниже 1900 °С нежелательно из-за низкой скорости диффузии AlN в SiC при этих температурах. Спекание при температурах выше 2250 °С приводит к разложению нитрида алюминия. Оптимальное время спекания 2-6 ч [1]. При увеличении времени спекания более 6 ч диффузионные процессы между засыпкой и спекаемой керамикой приводит к охрупчиванию последней. Поэтому поиск методов, обеспечивающих активацию процесса спекания для создания высокоплотных керамических материалов является актуальным.

Решение видится в применении метода искрового плазменного спекания для данной системы. Исследуемые образцы керамики SiC-AlN были получены при различных режимах SPS-спекания, с введением в исходные смеси порошков дополнительно спекающей добавки оксид иттрия (Y_2O_3), являющейся промоутером процесса спекания. При исследовании свойств использовался комплекс современных методов гранулометрического анализа исходных порошков; рентгенофазовый анализ; измерение плотности, как методом гидростатического взвешивания, так и газовой пикнометрией.

Установлено, что введение Y_2O_3 в смесь порошков SiC-AlN оказывает заметное влияния на плотность керамики в диапазоне температур (1400-1800) °С, увеличивая плотность до 3,25 г/см^3 (98,5 % от теоретической плотности), что превышает значения плотности для керамики, полученной горячим прессованием [2].

В ходе эксперимента выявлено, что при спекании образцов с добавкой 7% оксида иттрия при 1800 °С в пресс-форме наблюдается формирование жидкой фазы, которая заполняет пространство между частицами карбида кремния до образования плотного материала. Это подтверждается представленными на рисунке 1 фотографиями микроструктуры, полученными на автоэмиссионном РЭМ. Увеличение концентрации активирующей добавки Y_2O_3 приводит к росту испарения оксидов и возрастанию их взаимодействия с карбидом кремния, что уменьшает плотность SiC-материала. Таким образом, оптимальной является добавка Y_2O_3 - 7 мас.%.



а) б)

Рисунок 1. РЭМ изображение структуры (а) и элементный анализ (б)керамики SiC (75%)-AlN(18%)-Y_2O_3(7%), полученной методом SPS.

Установленные оптимальные режимы SPS для спекания многокомпонентной керамики состава SiC(75%)-AlN(22%)-Y_2O_3(3%) (1800°С / 50МПа / 15 мин на режиме) обеспечивают формирование 100%-плотного композита, значение микротвердости которого составило 26,7 ГПа, что позволяет рекомендовать эти режимы для изготовления легкого и высокоплотного керамического материала заданного состава с прогнозируемыми свойствами.

Исследования этих перспективных результатов продолжаются, и ведутся эксперименты с более мелкодисперсным сырьем.

Литература.

[1] Кардашова Г.Д. Процессы спекания и электрофизические свойства керамики на основе карбида кремния с активирующими добавками: дисс. на соискание ученой степени к.ф.-м.н.: 01.04.07 / Кардашова Гюльнара Дарвиновна. - Махачкала, 2004. - 159 с.

[2] G D Kardashova and Sh Sh Shabanov 2019 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 525 012020

ДЕФЕКТНАЯ СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОЗРАЧНОЙ НАНОКЕРАМИКИ АЛЮМОМАГНИЕВОЙ ШПИНЕЛИ

А.Н.Киряков[1], А.Ф. Зацепин[1]

1) Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, arseny.kiriakov@urfu.ru

Оптические керамики находят широкое применение в электронике, фотонике, лазерной технике. Одна из ключевых особенностей керамик – наличие технологических микро- и макро- дефектов, обусловленных активационными процессами при росте кристаллитов, взаимодействием интерфейсов кристаллитов, а также дополнительной термобарической стимуляцией в процессе синтеза. Для оптической нанокерамики, в результате плотной упаковки наноразмерных зерен характерна повышенная степень дефектности, обуславливающая изменение электронно-оптических свойств. Алюмомагниевая шпинель является привлекательным модельным объектом для изучения механизмов дефектообразования и анализа дефектной структуры. Шпинель имеет два сорта катионов с октаэдрическим и тетраэдрическим кислородным окружением, что обеспечивает возможностью внедрения широкого круга примесных ионов в поливалентных состояниях, в особенности ионы группы железа (с незаполненной *3d* электронной оболочкой). Примесные ионы, в свою очередь чувствительны к локальным изменениям структуры, что в большинстве случаев может быть однозначно интерпретировано в результате исследования спектроскопических характеристик фотолюминесценции, электронного парамагнитного резонанса и т.д. Цель настоящей работы заключается в комплексном исследовании структурно-морфологических особенностей, закономерностей и механизмов дефектообразования, электронно-оптических свойств прозрачных нанокерамик $MgAl_2O_4$.

Оптически прозрачные нанокерамики шпинели получены в результате термобарического синтеза чистого нанопорошка $MgAl_2O_4$ и легированного марганцем при давлениях от 2 до 9 ГПа, температуре синтеза 600 °C и времени выдержки 10 мин. Аттестация прозрачных нанокерамик выполнена методами РФА, Рамановской спектроскопии, СЭМ. Спектроскопический анализ выполнен с применением методом оптического поглощения, ЭПР, фотолюминесценции, синхротронной(рентгено-) люминесценции.

Установлено, что степень оптической прозрачности нанокерамики в УФ и видимом диапазоне спектра определяется комплексом факторов: наряду с влиянием режимов

синтеза, присутствием примесей и технологических дефектов существенную роль оказывают формируемые анти-сайт дефекты в катионной подрешетке.

Обнаружено, что в условиях термобарического синтеза нанокерамики имеет место нерадиационное формирование F^+ центров с аномальными значениями силы осциллятора, превышающими таковые на порядок величины в известных модификациях $MgAl_2O_4$. Данный эффект (высокие температуры и давления) аналогичен экстремальному состоянию системы в локальных областях термических пиков под воздействием импульсных пучков ускоренных частиц.

Найдено, что в спектре ЭПР нанокерамики константа сверхтонкой структуры примесного иона Mn^{2+} имеет аномальное значение, обусловленное эффектом «сжатия» кристаллической решетки и соответствующим изменением распределения спиновой плотности в наноструктурном состоянии.

В оптической нанокерамике шпинели впервые обнаружена и интерпретирована полоса 5,2 эВ люминесценции экситонов, связанных на анти-сайт дефектах $Al^{3+}|_{Mg^{2+}}$, $Mg^{2+}|_{Al^{3+}}$.

ХИМИЧЕСКОЕ ПОЛИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЯ С ПОМОЩЬЮ ОБРАТНЫХ МИКРОЭМУЛЬСИЙ ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ, СОДЕРЖАЩИХ КИСЛОТУ

П.Е. Тюлягин, Н.М. Мурашова, Е.В. Юртов

Российский химико-технологический университет, Москва, tylagin@vivaldi.net

Самоорганизующиеся наноструктуры ПАВ, такие как мицеллы, микроэмульсии, лиотропные жидкие кристаллы могут влиять на характеристики химико-технологических процессов, например жидкостная экстракция [1]. В данной работе рассмотрено влияние микроэмульсионной среды на химическое полирование металлов на примере алюминия.

Химическое полирование обладает рядом положительных характеристик: обработка деталей не требует сложного оборудования, возможность обработки сложнопрофильных деталей с достижением качественного полирования на всей поверхности, небольшая продолжительность процесса. Часто для химического полирования применяют смеси концентрированных кислот [2]. Если кислота будет локализована внутри капель микроэмульсии, то можно снизить ее суммарную концентрацию в полирующей жидкости (микроэмульсии), а также добиться лучшего эффекта полирования за счет диффузионных ограничений.

Целью данной работы было исследование кинетики химического полирования алюминиевой фольги с помощью обратных микроэмульсий в системе додецилсульфат натрия (SDS) – бутанол – керосин – водный раствор фосфорной кислоты. На основе изучения фазовых диаграмм была выбрана микроэмульсия следующего массового состава: SDS – 23,6 %; бутанол – 30,3 %; керосин – 32,6 %; водный раствор H_3PO_4 – 13,5 %; концентрация ортофосфорной кислоты в водном растворе – 0,7 моль/л.

Химическое полирование проводили в закрытом сосуде при температуре 80°C и при механическом перемешивании. После полирования поверхность металла очищали от адсорбировавшихся поверхностно-активных веществ последовательным и тщательным промыванием пластинки в эмульсии керосин – вода (1 мин), смеси этанол – бутанол (1 мин), а затем в растворе HNO_3 с концентрацией 8 моль/л (в течение 5 с). Шероховатость поверхности металла после полирования анализировали с помощью микроинтерферометра МИИ-4.

Полученные результаты приведены на рис.1. В первые 10 минут полирования алюминия микроэмульсией, содержащей фосфорную кислоту, уменьшение наибольших высот неровностей идёт значительно быстрее, чем всех остальных высот. Далее уменьшение наибольших высот останавливается, но средняя шероховатость продолжает уменьшаться, вероятно, за счёт уменьшения других высот. После 15-й минуты наибольшие высоты неровности увеличиваются, и после 90-й минуты полирования они начинают превышать начальную высоту.

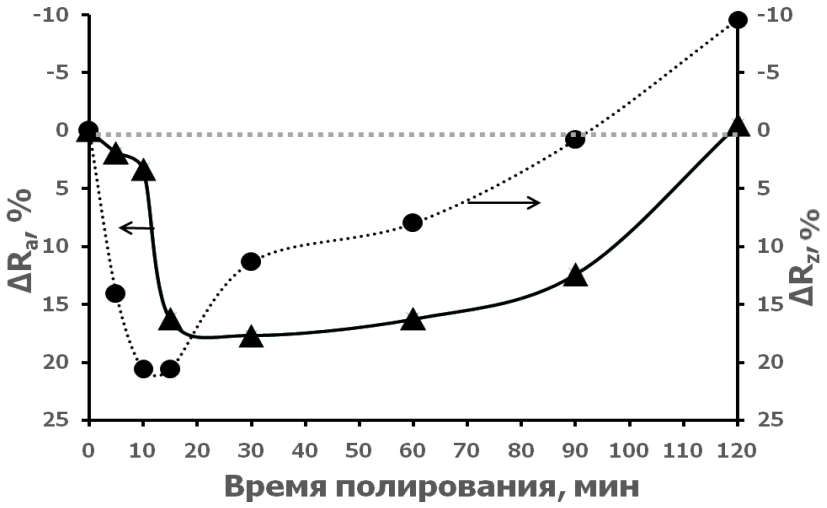


Рисунок 1. Зависимости относительного сглаживания поверхности относительно начальной средней шероховатости ΔR_a , а также относительного сглаживания поверхности относительно средней высоты неровностей профиля по десяти наибольшим точкам ΔR_z алюминиевой фольги от времени полирования.

Полученные результаты являются основой для разработки метода химического полирования цветных металлов с помощью наноструктурированных сред - обратных микроэмульсий, содержащих кислоту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юртов Е.В., Мурашова Н.М. Гели, микроэмульсии и жидкие кристаллы в экстракционных системах с ди-(2-этилгексил)фосфорной кислотой // Химическая технология, 2006, Т.7,№ 6, с.26-32.

2. Грилихес С.Я. Электрохимическое и химическое полирование: Теория и практика. Влияние на свойства металлов. – 2-е изд., перераб. И доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. 232 с.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ТМО НА КОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ПРОКАТА ИЗ ЛЕГИРОВАННОГО СКАНДИЕМ И ЦИРКОНИЕМ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ AL-MG 01570

Халимова А.Ф.[1], Яшин В.В.[1], Арышенский Е.В.[1], Коновалов С.В.[1]

1) *Самарский университет, Самара, aliya.khalimova@mail.ru;*

Ввиду своей высокой стоимости, алюминиевые сплавы со скандием нашли применение лишь в космической промышленности, а существующие исследования сплавов Al-Mg-Sc сосредоточены вокруг изучения физико-механических свойств, без изучения их коррозионного поведения в агрессивных средах. В случае рассмотрения вопроса о применении данных сплавов для морского корпусного судостроения или в конструкциях, часто соприкасающихся с морской водой, необходимы исследования на сопротивление коррозии в этой среде, в связи с этим является актуальным вопрос об изучении коррозионных свойств сплавов системы Al-Mg-Sc.

Цель работы: исследование влияния различных режимов термомеханической обработки (ТМО) на механические и коррозионные свойства катаных листов из сплава 01570, содержащего добавки переходных металлов, таких как цирконий и скандий. Благодаря присутствию в сплаве данных металлов, при ТМО в структуре сплава образуются наноразмерные частицы – интерметаллиды $Al_3(Sc_{1-x}, Zr_x)$. В сплавах системы Al-Mg данные частицы повышают коррозионный потенциал (делают его менее отрицательным), следовательно, понижается разница потенциалов между фазой и твёрдым раствором в кислой среде, что ведет к повышению коррозионной стойкости. Изменение в коррозионном потенциале зависит от количества наноразмерных частиц, управлять которыми можно при помощи режимов ТМО. В случае сплавов системы Al-Mg, процессы ТМО наиболее просто осуществимы. Прочностные свойства достигаются нагартовкой, а термическая обработка включает в себя четыре процесса: гомогенизацию слитков, нагрев слитков перед прокаткой, промежуточные отжиги и окончательный отжиг (старение) в зависимости от назначения полуфабриката. В работе было проверено влияние различных режимов гомогенизации, а также режимов окончательных отжигов. Образцы для исследования были отобраны от слитков, полученных промышленным литьем в кристаллизатор скольжения. В качестве сравнения

вместе со сплавом 01570 были исследованы образцы сплавов AA5182 (системы Al-Mg без добавок Sc и Zr) и 1565ч (системы Al-Mg с добавками Zr), полученные также промышленным литьем. Гомогенизированные образцы прокатали на лабораторном стане сначала горячей прокаткой (ε=90%), затем холодной прокаткой (ε =30%), далее образцы были отожжены при температуре 350 ℃, и прокатаны в окончательный размер (ε=30%). Было проведено четыре режима окончательного отжига, в том числе стабилизирующий отжиг при 240 ℃ - 4 часа, и отжиг (старение) для выделения частиц типа $Al_3(Sc_{1-x}, Zr_x)$ – 285 ℃ – 30 мин, 2 часа и 4 часа. На каждом переделе образцы были всесторонне исследованы, а именно, измеряли электропроводимость, микротвердость, мех. свойства плоских образцов, исследования микроструктуры на оптическом и сканирующем электронном микроскопе, проведены коррозионные испытания на межкристаллитную коррозию (МКК) по ASTM G 67-13 и расслаивающую коррозию (РСК) по ASTM G 66-99. Часть образцов была направлена на изучение тонкой микроструктуры на просвечивающем микроскопе.

В ходе исследования установлены зависимости между количеством наноразмерных частиц в структуре сплава и его склонности к межкристаллитной и расслаивающей коррозии. По итогам исследования разработаны оптимальные режимы ТМО для производства листов из сплавов системы Al-Mg (с содержанием магния выше 4%, с добавками скандия и циркония), позволяющие получить предельные значения механических свойств, а также определенную стойкость против расслаивающей коррозии.

О СТРУКТУРЕ И АДСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВАХ ПОРОШКА АСД-4 МОДИФИЦИРОВАННОГО ФОРМИАТОМ МЕДИ

В. Г. Шевченко, А. В. Рябина

ФГБУН Институт химии твердого тела УрО РАН, ГСП-145

620990 г. Екатеринбург, Первомайская, 91

E-mail: shevchenko@ihim.uran.ru

В настоящее время все более широкое применение находят технологии 3D-печати изделий на основе сплавов черных и цветных металлов. Это изделия специального назначения для авиационной и космической техники, а также материалы и изделия медицинского назначения [1]. Эффективность СЛС (селективного лазерного сплавления) и качество материалов и конструкций, получаемых 3D-печатью, являются функцией, как свойств материала порошков, так и выбора параметров процесса и типа лазеров, используемых для консолидации частиц. Отсюда возникает потребность в аттестации и сертификации порошков алюминия и сплавов на его основе.

В работе проанализированы физико–химические свойства порошка АСД-4 и продуктов его взаимодействия с формиатом меди, формирующих наноразмерную оболочку на реальной поверхности частиц алюминия [2]. Незавершенность электронных d-оболочек переходных металлов, а, следовательно, наличие свободных валентностей на поверхности определяет их специфические химические, многие физические, каталитические, адсорбционные свойства. Приводятся результаты исследования морфологии и фазового состава, рассчитана удельная поверхность и пористость порошков. Обсуждаются особенности изотерм адсорбции исследуемых образцов до и после модификации формиатом с точки зрения соответствия их определенному типу согласно рекомендациям Международного союза по теоретической и прикладной химии (IUPAC) [3], а также определенному виду пористости. Показано, что фазовый состав порошка АСД-4

представлен двумя фазами Al и Al_2O_3. Медь присутствует в образце в малом относительном количестве менее 2% масс, специфические пики, отвечающие формиату меди на дифрактограмме модифицированного порошка, отсутствуют. Пористость составила 0,005см^3/г, средняя ширина поры 23нм. Удельная поверхность порошка АСД-4 после модификации формиатом составила 0,96 м^2/г.

Литература

[1] Olacanmi E.O., Cohrane R.F., Dalgarno K.W. //Progress in Materials Science. – 2015. –V. 74. 401– 477 PP.

[2] Shevchenko V.G., Eselevich D.A., Popov N.A., et all //Internatonal Journal of Engineering Research and Science. -2018. -V. 4. 22-27 PP

[3] Грег С., Синг К. Адсорбция. Удельная поверхность. Пористость.- пер. с англ. 2-е изд.-М: Мир, 1984.-306с.

Технологии и явления наноразмерных объектов

СИНТЕЗ ФУЛЛЕРЕНОВ В ДУГОВОМ РАЗРЯДЕ

Н.Е.Аханова[1,2], Е. Ерланулы[1,2], Д.Г. Батрышев[3], М.Т. Габдуллин[2], Д.В.Щур[4]

1) Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

2) Казахстанско-Британский технический университет, г. Алматы, Казахстан

3) Атырауский государственный университет им. Х. Досмухамедова, г. Атырау, Казахстан

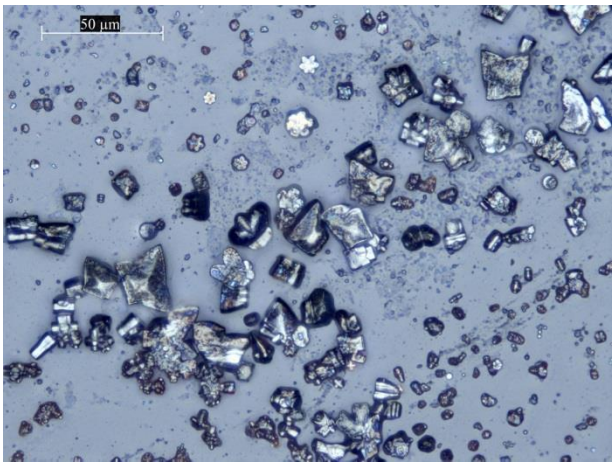
4) Институт проблем материаловедения имени И. Н. Францевича НАН Украины, г.Киев, Украина

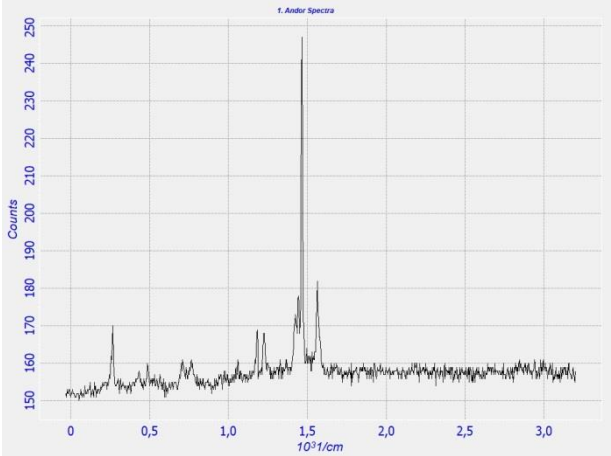
Одним из наиболее перспективных направлений в развитии альтернативной энергетики является водородная энергетика - замена ископаемых углеводородных топлив экологически чистым водородным топливом [1-2].

Сегодня использование энергии водородного топлива требует решения проблемы экономически эффективного способа хранения водорода. С этой точки зрения углеродные наноструктуры являются перспективными материалами для хранения водорода, и одна из них – фуллерены [3-4]. В данной работе рассматривается получение фуллеренов и влияние параметров синтеза на их образование и выход.

Синтез фуллеренов осуществляли электродуговым методом. В качестве углеродного источника использовали графитовые стержни. Эксперимент состоит из двух этапов. В Первом этапе проводят десорбцию графита, то есть электроды отжигают резистивным нагревом с непрерывной откачкой камеры до значения вакуума 10−3 Тор. При этом температура испаряемого электрода достигает до 1000К. При такой термической обработке из пор графитового электрода десорбируют остаточные газы. Для получения резистивного нагрева по графитовым электродам пропускается ток 100А при напряжении 10В в течение 10 минут. В этом градиенте температуры наблюдаются процессы: при 393,15К (120 °С) испаряются молекулы воды, при 433,15К (160 °С) разлагаются кислородсодержащие группы и при 473.15К (200 °С) и выше удаляются остаточные примеси.

После процедуры резистивного нагрева электродов в камеру напускают рабочий газ гелия марки ОСЧ до значения давления 200 Тор. Затем электроды размыкают и подают рабочее значение постоянного тока (90-200 А) и напряжения (60-80 В). После образования электрической дуги напряжение стабилизируется до значения 20-30 В и поддерживается за счет регулирования межэлектродным расстоянием. Таким образом, получают фуллереновую сажу, которую далее растворяют в бензоле или в толуоле. Раствор оставляют на несколько часов. Затем растворенную массу разделяют с помощью фильтрации на растворимую и нерастворимую фракций. Полученный растворимую смесь выпаривают при температуре 413,15К (140°С). Полученные образцы былди исследованы методом КРС и оптической микроскопией (рисунок 1)





а б

Рисунок 1 – Оптическая микрофотография (а) и КРС спектр полученных фуллеренов

Список литературы

1. M. Saunders, H.A. Jiménez-Vázquez, R.J. Cross, and R.J. Poreda, Science 259(5100) 1428 (1993).
2. D.V. Schur, M.T. Gabdullin et.al // Internationa journal of hydrogen energy 2016 – Vol.41, №1,P. 401 - 406
3. Shigematsu K. et.al // Chem. Express. – 1992. – V.7, N12. – P.37-40.
4. Schur D.V et.al, Extended Abstracts of “Hydrogen Materials Science and Chemistry of Carbon Nanomaterials” (ICHMS’2005), 5-11 September 2005, Sevastopol, Ukraine, P. 534-537.

ПОЛУЧЕНИЕ ЭНДОЭДРАЛЬНЫХ ФУЛЛЕРЕНОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ

Н.Е.Аханова[1,2], Е. Ерланулы[1,2], Д.Г. Батрышев[3], М.Т. Габдуллин[2], Д.В.Щур[4]

1) Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

2) Казахстанско-Британский технический университет, г. Алматы, Казахстан

3) Атырауский государственный университет им. Х. Досмухамедова, г. Атырау, Казахстан

4) Институт проблем материаловедения имени И. Н. Францевича НАН Украины, г.Киев, Украина

Эндоэдральные фуллерены (ЭЭФ) в настоящее время представляет обширный интерес у ученых, так как они имеют уникальную структуру и новые свойства. Металлы, которыми легирует электроды приобретают новые свойства. Эндоэдральные фуллерены можно получить различными методами: ионная бомбардировка, газовая осаждение, лазерное излучение, но наиболее распространённым является электродуговой синтез, которым мы воспользовались.

Для решения этих задач в работе уделено значительное внимание вопросам оптимизации условий синтеза ЭФ-содержащей сажи, развитию новых подходов к синтезу производных ЭФ, а также развитию эффективных методов экстракции, хроматографического разделения ЭФ, производных ЭФ и фуллеренов. В настоящей работе проведено исследование продуктов, формирующихся при совместном дуговом испарении графита и кремния. Рассмотрены продукты образующиеся на катоде и на стенках реактора. На примере эндофуллеренов кремния обсуждаются условия формирования нанопродуктов в плазменных условиях, в растворах и при их кристаллизации. Эндоэдральная молекула может быть синтезирована как в процессе образования фуллеренов в присутствии внедряемых атомов в зоне синтеза, так и внедрением атомов внутрь углеродного каркаса молекул фуллерена.

С нашей точки зрения, получение эндофуллеренов возможно тремя способами: 1) в процессе сборки каркаса фуллереновой молекулы; 2) в уже сформированные молекулы

проникновением движущихся частиц через стенки граней (частицы небольших размеров); 3) вхождение частиц при нарушении целостности каркаса молекулы фуллерена, то есть при разрыве некоторых связей С – С и образовании «окна» большего размера для входа внешней частицы или же уже имеющиеся «окна» за счет незамкнутых колец связей [9,10,11]. Наибольший выход эндофуллеренов зафиксирован при электродуговом испарении графита, допированного металлом. Для этих целей используют также оксиды, карбиды, соли металлов. Сублимированием или экстрагированием различными растворителями получают смесь фуллеренов и эндофуллеренов. Из смеси эндофуллерены выделяют хроматографически или сублимацией. Обычно выход эндофуллеренов не превышает ~3–6 % массы смеси

Список литературы

1. M. Saunders, H.A. Jiménez-Vázquez, R.J. Cross, and R.J. Poreda, Science 259(5100) 1428 (1993).
2. D.E. Manolopoulos, P.W. Fowler, Chem. Phys. Lett. 187(1–2), 1 (1991).
3. S. Nagase, K. Kobayashi, and T. Akasaka, J. Mol. Str.: THEOCHEM 461–462, 97 (1999).
4. Е. Ерланулы, Д.Г. Батрышев, Т.С. Рамазанов, М.Т. Габдуллин, Н.А. Ахметжанов, Н.Е. Аханова, Омиржанов О.//Влияние параметров плазмы на синтез углеродных наноматериалов методом PECVD// Известия НАН РК №3 (319) стр. 107- 116, 2018г.
5. Аханова Н.Е., Габдуллин М.Т., Щур Д.В.// Формирование депозита в дуговом разряде при синтезе эндофуллеренов//Сборник тезисов X ежегодной конференции Нанотехнологического общества России// стр. 53.
6. NS Anikina, ZS Yu., MI Maistrenko, AD Zolotarenko, GA Sivak, DV Schur Spectrophotometric Analysis of C60 and C70 Fullerences in the Toluene Solutions. (Hydrogen Materials Science and Chemistry of Carbon Nanomaterials),Springer. 172, 2005, 207-216.
7. AD Zolotarenko, AF Savenko, AN Antropov, MI Maystranko, RN Nikulenko, Effect the nature of the reactor wall material on morphology and structure of products resulted from arc graphite sputtering Proc. of 8th International Conference “Hydrogen Materials Science and Chemistry of Carbon Nanomaterials”, Sudak, Crimea, Ukraine, September 14-20. 2003, 422- 423.
8. SY Zaginaichenko, DV Schur, ZA Matysina The peculiarities of carbon interaction with catalysts during the synthesis of carbon nanomaterials. Carbon. 41 (7), 2008, 1349-1355.
9. НС Аникина, ОЯ Кривущенко, ДВ Щур, СЮ Загинайченко, СС Чупров Идентификация эндоэдральных металлофуллеренов методом UV-VIS спектроскопии. Труды IX Международной конференции “Водородное материаловедение и химия углеродных наноматерилов”, Севастополь, Крым, Украина.2005, 848-849.

10. НС Аникина, ДВ Щур, СЮ Загинайченко, АД Золотаренко, КА Мильто Определение величины соотношения фуллеренов С60 и С70 методом абсорбционной спектроскопии. Труды IX Международной конференции “Водородное материаловедение и химия углеродных наноматериалов”, Севастополь, Крым, Украина.2005, 857 - 558.

11. DV Schur, AG Dubovoy, SY Zaginaichenko, VM Adejev, AV Kotko, .Synthesis of carbon nanostructures in gaseous and liquid medium. Hydrogen Materials Science and Chemistry of Carbon Nanomaterials. Springer Netherlands. 2007, 199-212.

СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТЕН МЕТОДОМ PECVD

Е. Ерланулы[1,2], Д.Г. Батрышев[3], М.Т. Габдуллин[2], Т.С. Рамазанов[1]

1) Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

2) Казахстанско-Британский технический университет, г. Алматы, Казахстан

3) Атырауский государственный университет им. Х. Досмухамедова, г. Атырау, Казахстан

Углеродные наностены (УНС) представляют собой двумерные углеродные наноструктуры с вертикально ориентированными графеновыми листами, которые имеют хорошо развитую поверхность и высокую удельную плотность. Благодаря особой структуре, они имеют интересные физико-химические свойства и практическое применение для создания компонентов электроники, материала подобного черному телу, и т. Д. [1-3]. В нашей предыдущей работе [4], посвященной изучению синтеза УНС в плазме ВЧ-разряда, было обнаружено, что увеличение мощности разряда вызывает агломерацию наностен в нанокластеры с образованием дефектов в структуре. В настоящей работе мы разработали карту процесса образования углеродных наноматериалов (в том числе УНС) в зависимости от параметров синтеза.

УНС были получены при значениях мощности ВЧ разряда 8-15Вт, и было обнаружено, что увеличение мощности ВЧ разряда вызывает уменьшение высоты УНС и увеличение их толщины. Оптимальные условия скорости потока метана, мощности ВЧ и времени роста были определены для синтеза высококачественных УНС. Полученные образцы анализировали с помощью сканирующей электронной микроскопии Quanta 3D 200i (СЭМ, компания FEI, США), атомно-силовой микроскопии Ntegra Therma (AFM) и спектроскопии комбинационного рассеяния Ntegra SPECTRA. Согласно СЭМ, Рамановскому и АСМ анализу была разработана карта процесса, чтобы составить карту зон формирования УНС с высоким качеством структуры.

Список литературы

1. V.A. Krivchenko et al, “Carbon nanowalls: the next step for physical manifestation of the black body coating”, Sci. Rep., vol. 3, p. 3328, 2013.

2. S.Y. Kim et al., “Synthesis of Carbon Nanowalls by Microwave PECVD for Battery Electrode”, J. Trans. Electrical and electronic materials, vol. 16, no. 4, pp. 198-200, 2015.

3. S. Hassan, M. Suzuki, Sh. Mori, A.A. El-Moneim, “MnO2/carbon nanowall electrode for future energy storage application: effect of carbon nanowall growth period and MnO2 mass loading”, RSC Adv., vol. 4, p. 20479, 2014.

4. D.G. Batryshev, Ye. Yerlanuly, T.S. Ramazanov, M.K. Dosbolayev, M.T. Gabdullin, “Elaboration of carbon nanowalls using radio frequency plasma enhanced chemical vapor deposition”, J. Mater. Today: Proc., vol. 5, no. 11, pp. 22764–22769, 2018.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ СУПЕРОКСИДНОГО ИОН-РАДИКАЛА НАНОМОЛЕКУЛЯРНОЙ СИСТЕМОЙ ФУЛЛЕРЕНОЛА-24

А.В. Рябых[1], О.А. Маслова[2] , С.А. Безносюк[3]

1) Алтайский государственный университет, Барнаул, ryabykh.642@gmail.com

2) Алтайский государственный университет, Барнаул, maslova_o.a@mail.ru

3) Алтайский государственный университет, Барнаул, bsa1953@mail.ru

В работе представлены новые результаты компьютерного моделирования механизма процесса дезактивации супероксид-иона наномолекулярной системой фуллеренола на уровне полуэмпирического метода PM3 в программном комплексе Orca, разработанном в институте им. Макса Планка в Германии. Проведен анализ и дана количественная оценка предложенных ранее механизмов реакции с построением энергетических диаграмм процесса.

Супероксидный ион-радикал O_2^- является сверх-активным интермедиатом в кислородных энергетических цепях аэробных организмов. В обычных условиях избыток активных радикальных частиц, таких как супероксид-ион, нейтрализуется естественными антиоксидантами организма типа СОД. Если организм сам уже не справляется с избытком накопленных активных форм кислорода, то это вызывает окислительный стресс, который приводит к различным заболеваниям организма [1]. Поэтому актуальным стала разработка таких наночастиц, которые эффективно смогут нейтрализовать избыток радикалов. Известно, что на роль эффективного антиоксиданта подходит производное фуллерена C_{60} – фуллеренол $C_{60}(OH)_{24}$ [2,3].

Механизмы антиоксидантной активности фуллеренолов все еще остается дискуссионным. Предложено множество различных трактовок. Но практически все они исходят из схемы каталитического диспропорционирования супероксидного радикала на молекуле фуллеренола (F) вида:

$$2O_2^{\cdot -} + 2H_2O \xrightarrow{F} H_2O_2 + 2OH^- + O_2$$

Целью данной работы является разработка компьютерного моделирования стерических структур нейтрализации супероксидных ион-радикалов на поверхности наномолекулярной системы фуллеренола.

Для рассмотрения мы выбрали электронный механизм, предложенный в работе [4]. Ключевым взаимодействием является перенос электронной плотности между двумя супероксидными радикалам, которые одновременно состыковались с молекулой катализатора и связались с двумя OH^--группами. По данной схеме возможны несколько случаев специфической посадки радикала на поверхность фуллеренола: на соседние атомы углерода и на противоположную сторону шестигранного кольца C_6.

При построении были рассмотрены два случая структуры $C_{60}(OH)_{24}$:

• с диссоциированными двумя OH- группами до O-.

• с не диссоциированными двумя OH- группами до O-.

С помощью анализа данных компьютерного моделирования равновесных структур были получены следующие результаты:

1. Показано, что парам супероксид-радикалов энергетически выгодно стыковаться с поверхностью фуллеренола в соседних позициях.

2. Выявлено, что процесс взаимодействия с супероксид-радикалами фуллеренола с двумя диссоциированными гидроксильными группами, энергетически выгоднее, чем процесс, в случае, когда они не диссоциируют.

Результаты свидетельствуют о целесообразности дальнейшего изучения механизма каталитической активности наномолекулярных систем фуллеренола $C_{60}(OH)_{24}$ в качестве антиоксиданта и о перспективности его как лекарственного препарата в медицине.

1. Lee J., Koo N., Min D. B. Reactive Oxygen Species, Aging, and Antioxidative Nutraceuticals // Comprehensive reviews in food science and food safety J. 2004. Vol. 3. № 1. PP. 21-33.

2. Trajkovic S. et al. Radioprotective Efficiency of Fullerenol in Irradiated Mice // Materials Science Forum. September 2005. Vol. 494. PP. 549-554.

3. Cai X. et al. Polyhydroxylated fullerene derivative C(60)(OH)(24) prevents mitochondrial dysfunction and oxidative damage in an MPP(+) - induced cellular model of Parkinson's disease // J. Neurosci Res. Dec. 2008. Vol. 86. № 16. PP. 3622-3634.

4. Wang Z. et al. Syntheses, Structures and Antioxidant Activities of Fullerenols: Knowledge Learned at the Atomistic Level // J Cluster Sci. 2015. Vol. 26. № 2. PP. 375 – 388.

МАГНИТО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАЛЫХ НАНОЧАСТИЦ FE, CO, NI В РАСЧЕТАХ МЕТОДАМИ ФУНКЦИОНАЛОВ ПЛОТНОСТИ BP86/B3LYP

С.А. Безносюк[1], А.Г. Блюм[2]

1) Алтайский государственный университет, Барнаул, bsa1953@mail.ru

2) Алтайский государственный университет, Барнаул, blyum05011991@mail.ru

Магнитные наночастицы атомов подгруппы железа участвуют в важных процессах биоорганизмов: фотосинтезе у растений и генерации атомарного кислорода у млекопитающих. В настоящее время особую значимость приобретает адекватность и точность описания физико-химических свойств субнанометровых магнитных кластеров. Поэтому представляет значительный интерес рассмотрение влияния на результат расчета выбора функционалов плотности, их сравнение между собой и с данными натурного эксперимента. Структуры и полные спиновые магнитные моменты нейтральных кластеров Fe_n, Co_n и Ni_n (n = 2–19) были косвенно экспериментально изучены методами ударной диссоциации в потоках инертных газов их заряженных катионов и анионов [1].

В настоящей работе дан сравнительный анализ результатов компьютерного моделирования малых магнитных кластеров 3d- переходных металлов железа, кобальта и никеля, полученных двумя наиболее известными в исследованиях кластеров методами: функционалом плотности с градиентными поправками BP86 и гибридным функционалом плотности B3LYP. В работе проведено исследование структуры и энергии спин-поляризованных состояний нуль-заряженных кластеров Fe_n, Co_n и N_{in} (n = 2–6). Представлены результаты расчетов устойчивости спин-поляризованных состояний кластеров металлов подгруппы железа. Компьютерное моделирование геометрических структур кластеров, их полная вариационная оптимизация по энергии связи выполнены при различных значениях спиновой мультиплетности электронных состояний. Все расчеты проведены с использованием стандартного программного пакета ORCA [2]: методом гибридного функционала плотности B3LYP с базисным набором def2-TZVP и методом BP86 с

базисным набором def2-QZVPPD. Результаты расчета сопоставлены в сравнении с имеющимися экспериментальными данными для кластеров в инертной среде.

На рисунке 1 показано изменение энергии полной атомизации магнитных кластеров, полученной в результате вариационных расчетов методами гибридного функционала плотности B3LYP и BP86.

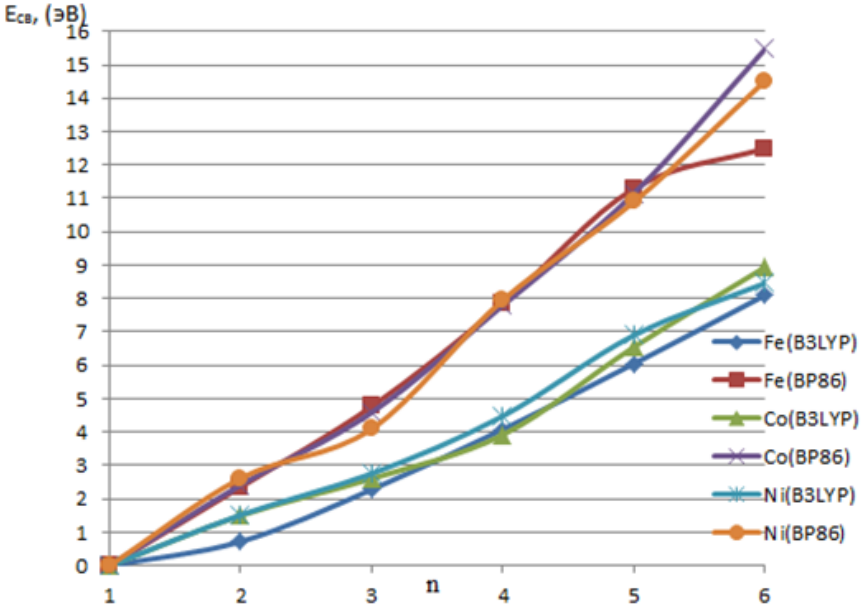


Рис. 1 – Энергии полной атомизации магнитных кластеров Fe_n, Co_n, Ni_n

Видно, что имеет место схожая закономерность монотонного возрастания физической величины энергии полной диссоциации $E_{св}$ с ростом нуклеарности. Однако, численные значения энергии существенно различаются в зависимости от использованного метода. В целом, метод функционала плотности с градиентными поправками BP86 дает завышенные значения физической величины энергии полной диссоциации $E_{св}$ по сравнению с методом гибридного функционала плотности B3LYP. Сравнение с экспериментом показывает, что рассчитанные B3LYP значения физико-химических величин находятся в лучшем согласии табличными данными, как по энергии, так и по магнитным характеристикам.

1. Armentrout P. B., Hales D. A., Lian L., Collision-Induced Dissociation of Transition Metal Cluster Ions. In Advances in Metal and Semiconductor Clusters; Duncan, M. A., Ed.; JAI: Greenwich, – 1994,– Vol. 2, – P. 1–39.

2. ORCA, An Ab Initio, DFT and Semiempirical electronic structure package. Version 4.2.0. Department of theory and spectroscopy. Directorship: Frank Neese. Max Planck Institute fuerKohlenforschung, Kaiser Wilhelm Platz 1, D-45470 Muelheim/Ruhr, Germany. 2019. URL: www.orcaforum.kofo.mpg.de

ВТОРАЯ КВАНТОВАЯ РЕВОЛЮЦИЯ: КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СУБАТОМНОГО УРОВНЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

С.А. Безносюк[1], О.А. Маслова[2], М.С. Жуковский[3]

1) Алтайский государственный университет, Барнаул, bsa1953@mail.ru
2) Алтайский государственный университет, Барнаул, maslova_o.a@mail.ru
3) Алтайский государственный университет, Барнаул, zhukovsky@list.ru

В докладе раскрывается содержание второй квантовой революции в области разработки квантовых нанотехнологий создания интеллектуальных материалов, квантовых материалов и биомиметиков.

В основе работы лежат идеи концепции квантовой термополевой динамики конденсированного состояния [1]. Они применяются к разработке технологий второй квантовой революции в получении квантовых материалов. Вот эти идеи.

1.Существуют только два фундаментальных квантовых одноэлектронных масштабных уровня в материалах: субатомный и атомный. Субатомный масштаб задается приведенной длиной Комптона электрона. Он – базовый в квантовой физике внутриатомных энергетических процессов. Аттосекундные процессы субатомного масштаба – объекты нового предмета – аттофизики. Атомный масштаб является фундаментальным в квантовой химии атомно-молекулярных процессов, составляющих объект другого нового предмета фемтосекундной химии – фемтохимии.

2.Вторая квантовая революция вовлекает в разработку новых технологий использование вторичных квантовых масштабных уровней строения материалов, связанных с квантовой запутанностью субатомных пар электронов. Первым дополнительным фундаментальным масштабным подуровенем двухэлектроники является супра-атомный уровень. Это масштаб занимающий пространственно-временной уровень (0,1 нм – 10 нм; 10 ас – 1000 ас), запутанных двухэлектронных процессов аттосекундной физики. Уникальность супра-атомного квантового уровня заключается в том, что на нем атомно-молекулярные процессы одноэлектроники квантовой фемтохимии и аттосекундные процессы двухэлектроники квантовой аттофизики идут совместно, создавая два типа наносистем: наномолекулярные системы (НМС) и наноэлектромеханические системы (НЭМС). Два класса квантовых наносистем сосуществуют в двух временных масштабных подуровнях:

фемтосекудном и аттосекундном, соответственно. Показано, как супра-атомный уровень конденсированного состояния создает иерархическую систему высших пространственно-временных уровней интеллектуальных материалов нового поколения и биомиметиков.

Квантовые интеллектуальные материалы – это искусственно создаваемые материалы с помощью гибридных квантовых технологий [2], базирующихся на субатомных технологиях аттофизики [3-5]. Такие материалы наделяются специфическим иерархическим многоуровневым строением, в основе которого лежит субатомный масштабный уровень, подчиняющийся квантово-полевыми законами движения электронной системы конденсированного состояния. Благодаря этому квантовые наноматериалы демонстрируют «странные» свойства, являющиеся проявлением эффектов квантовой механики движения систем субатомных квазичастиц квантово-полевой среды конденсированного состояния: когерентности и запутанности их квантовых состояний, а также контекстуальности измерений их физических величин. Субатомные квазичастицы - это топологические объекты. Например, двухэлектронные струны и двухэлектронные интерфейсы. В данной работе мы рассмотрим особенности субатомной технологии, как базовой образующей гибридных квантовых технологий конструирования квантовых интеллектуальных материалов.

1. Umezawa, H., Matsumoto, H. and Tachiki, M., 1982. Thermo Field Dynamics and Condensed States, North-Holland Pub. Co., Amsterdam, 591pp.

2. Beznosyuk S.A., Maslova O.A., Zhukovsky M.S. Computer simulation of hybrid quantum technologies of energy accumulation, storage, transformation and transfer in nanoenergy materials //Int. J. Nanotechnol., 2019. V. 16, Nos. 6/7/8/9/10, P. 322–333.

3. Krausz F. and Ivanov M. Attosecond physics, Rev. Mod. Phys., 2009. V. 81, No. 1, P.163–234.

4. Gallmann L., Cirelli C. and Keller U. Attosecond science: recent highlights and future trends // Annu. Rev. Phys. Chem., V. 63, P.447–469.

5. Ranitovic P., Hogle C.W., Riviere P., Palacios A., Tong X.M., Toshima N., González-Castrillo A., Martin L., Martín F., Murnane M.M. and Kapteyn H. Attosecond VUV coherent control of molecular dynamics //Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2014. V. 111, No. 3, P.912–917.

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИОДОСТАННАТОВ(IV) И ИОДОКУПРАТОВ(I) ЦЕЗИЯ

А.В. Григорьева[1], Е.А. Колесников[1], Ш.Т. Умедов[1], Л.С. Лепнев[2]

1) Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, ivanov@mail.ru

2) Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, llepn@mail.ru

В настоящее время, в связи с возросшим интересом к тематике перовскитной фотовольтаики, ведется поиск новых материалов с перспективными оптическими и трансопортными свойствами из числа сложных галогенидов. Несмотря на то, что наиболее значимые успехи в тематике перовскитных солнечных элементов принадлежат органо-неорганическим иодидам свинца, данные составы отличаются не самыми привлекательными характеристиками с точки зрения их термической и фотостабильности, а также циклируемости устройств на их основе. В этой связи, ведется поиск неорганических материалов, способных заменить или выступить в роли компонента композиционного материала с иодоплюмбатами метиламмония и формамиддиния. Вызывают также сомнения перспективы использования соединений свинца в составе солнечных элементов в связи с токсичностью последнего.

Иодостаннат(IV) цезия Cs_2SnI_6 был предложен ранее в качестве материала, альтернативного иодостаннату(II) цезия, обладающему превосходными фотоабсорбционными характеристиками, однако характеризующемуся низкой химической стабильностью. Соединение обладает перовскитоподобной структурой, оно стабильно до относительно высоких температур и является непрямозонным полупроводником с запрещенной зоной ~1.4 эВ. Для Cs_2SnI_6 показана возможность гетеровалентного замещения катиона олова ионами индия, галлия и сурьмы, приводящая к появлению дополнительных максимумов в его спектрах фотолюминесценции.

Значительный интерес вызывает также система CsI-CuI, в которой известно два стабильных состава. Предсказанная ранее для состава $CsCu_2I_3$ ширина

запрещенной зоны 1,7 эВ не подтвердилась экспериментально. Экспериментальное значение запрещенной зоны данного соединения составляет 3,2 эВ. При гетеровалентном замещении катиона меди(I) серебром в $CsCu_2I_3$ наблюдается красный сдвиг полос фотолюминесценции. Аналогичный эффект наблюдается при замещении меди золотом(I) в более узком диапазоне составов. Замещение катиона цезия для $CsCu_2I_3$ также приводит к уменьшению величины оптической запрещенной зоны материала при более узкой области гомогенности составов, чем при замещении меди серебром.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-03-00849.

ГЕНЕРИРОВАНИЕ ШИРОКОГО СПЕКТРА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ НАРУШЕНИИ НАНОГРАНИЦ РАЗДЕЛА (АДГЕЗИИ)

Ю.М. Евдокимов[1]

1) Академия ГПС МЧС РФ, Москва, Россия, evdokur@mail.ru

Исследованиями сотрудников школы академика Дерягина Б.В., Кротовой Н.А. и Москвитина Н.И. показано, что нарушение адгезионного контакта (АК) сопровождается электризацией поверхностей отрыва (отслаивания), свечением в устье отрыва, радио- и акустическим излучениями (последнее не относится к электромагнитному), УФ, ИК, вплоть до генерирования рентгеновского (тормозного) излучения интенсивностью до десятков и даже сотен кэВ [1-4], что впоследствии подтверждено другими авторами [5]. Можно сказать, что нарушение АК – это газоразрядный процесс типа микромолниевых разрядов с возникновением практически всего электромагнитного спектра [6].

В работе приведены новые результаты в области вышеобозначенных проблем. Показано, что по акустическому излучению можно судить о надежности работы лопаток авиадвигателей и заранее предсказывать время, оставшееся до их разрушения. Радиоизлучение и сопровождающее его свечение газового промежутка могут служить мерой адгезионной связи, при этом мощность радиоизлучения, оцененная по уравнению Пойнтинга лежит в пределах 3,3 10^{-13} – 13,2 $\cdot$ 10^{-11} кВт. Изменение потенциала при отслаивании в системе пленка-подложка можно рассматривать как один из способов изучения трещинообразования.

Подробно исследованы деформационные процессы в плёнках и подложках при нарушении АК, процессы образования гофр, на основе которых составлена модель-схема нарушения АК методом отслаивания. Выработаны подходы к оценке истинной площади контакта в системе жидкий адгезив - твердая подложка.

Литература

1. Дерягин Б.В. Адгезия твердых тел [Текст] / Б. В. Дерягин, Н. А. Кротова, В. П. Смилга. - Москва : Наука, 1973. - 279 с.

2. Евдокимов Ю.М. Рентгеновское излучение с ручным приводом [Текст] // Независимая газета. Приложение НГ-НАУКА. – 2009. - 11 марта. - С. 15.

3. Тюрикова Л.А. Исследование генерирования радиоволн и других явлений, сопровождающих газовый разряд при нарушении адгезионного контакта полимеров : дис. …канд. хим. наук : 02.00.04 / Тюрикова Людмила Анатольевна. – ИФХ АН СССР - Москва, 1972. - 161 с.

4. Мамбетов Д.М. Электрические явления при адгезионном и когезионном разрушении твердых тел [Текст] / Под общ. ред. д-ра хим. наук Н. А. Кротовой. - Фрунзе : Мектеп, 1973. - 135 с.

5. Camara C. G, Escobar J.V., Hird J.R. & Putterman S.J., Nature, 23 October 2008, p. 1089-1091.

6. Гуревич А.В., Зыбин К.П. Пробой на убегающих электронах и электрические разряды во время грозы // УФН.– 2001. –т. 171, № 11. – С. 1177-1199

ПРЕОБРАЗОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ В РАСТЕНИЯХ КОЛЕБАНИЯМИ НАНОМЕМБРАН

Е.А. Иванов[1], И.С. Цебрук[2] , Н.В. Классен[2]

1) ГБОУ Московской обл., Физ.- мат. лицей, Сергиев Посад, cebruk@issp.ac.ru

2) Институт физики твердого тела РАН, Черноголовка, klassen@issp.ac.ru

Резкое обострение экологичесикх проблем от загрязнения атмосферы газами от сгорания углеводородных топлив требует срочной разработки методов альтернативной энергетики. Среди них наиболее активно развиваются солнечная, ветровая и некоторые другие. Но остается без внимания энергия шума, производимого различными техническими устройствами, которых становится все больше - автомобилями, поездами, самолётами. Одни из наиболее шумящих - ветровые электрогенераторы. Высокая плотность энергии шума в этих зонах создает вопрос о его преобразовании в электроэнергию. В непосредственной близости от генератора на расстоянии порядка 10 м шум может превысить 150 дБ, а поток энергии - 1000 вт/м ^{2} .Это означает, что на шумозащитную стенку высотой 10 м, выстроенную на этом радиусе, будет падать суммарный поток мощностью порядка 600 киловатт или 450 лошадиных сил. Такая энергия, будучи преобразованной в электричество, эквивалентна сжиганию около 40-50 литров бензина каждый час. Это указывает на экологическую и энергетическую целесообразность создания таких ограждений вокруг источников шума, которые не просто поглощали шум, но производили бы из него электроэнергию. Известно, что деревья и кустарники – одни из наиболее эффективных поглотителей шума. Поэтому первой задачей мы приняли исследование генерации электроэнергии растениями при акустических воздействиях. Методика состояла в облучении комнатных растений или водных суспензий, приготовленных из их листьев, звуком той или иной частоты от звуковой колонки, на которую подавался сигнал от звукового генератора. При оптико-микроскопических наблюдениях суспензий было обнаружено, что при некоторых частотах зеленые микрочастицы от растертых листьев совершают возвратно-поступательное движение, хотя на других частотах они неподвижны. Это можно объяснить выпрямлением переменного тока на резонансных частотах некоторых компонентов зеленой массы – в первую очередь клеточных

наномембран. Во второй группе экспериментов на листьях растений наблюдались синусоидальные электрические сигналы, амплитуда которых зависела от частоты. Это можно объяснить генерацией электрических потенциалов на растениях при деформировании стеблей или листьев и избирательно активными электрическими процессами на резонансных частотах наномембран, которыми прежде всего регулируются электрические свойства растений. Еще одна особенность состояла в задержке электрического отклика растения на изменение частоты или амплитувнутри ы акустического воздействия, которая составляла не менее 10 секунд. Это указывает на то, что при вариациях воздействия внутри растений происходят те или иные изменения. Например, изменяются концентрации микро- и нано-частиц в жидких компонентах растений, , перемещения которых при акустическом облучении и дают электрический сигнал. Задержка в реакции растения обусловлена тем, что на изменение состава водной суспензии требуется некоторое время. Так или иначе можно заключить, что электрические сигналы, возникающие в растениях при акустическом облучении, связаны, главным образом, не с пьезоэлектрическим откликом твердых тканей, основу которых составляет пьезоэлектрически активная целлюлоза, а иными процессами с участием водных суспензий. Этот вывод позволяет, с одной стороны, понять эффективность поглощения акустической энергии растениями. С другой стороны, этот механизм предопределяет значительное увеличение электрических потенциалов, генерируемых в растениях, по сравнению с обычными пьезоэлектриками. Из этих двух выводов следует заключить, что звукозащитные стенки, описанные выше, следует организовывать не из неорганических материалов, а из зеленых насаждений, которые обеспечат повышенные эффективности поглощения шумаЮ будут при этом генерировать электроэнергию, а также производить кислород, особенно необходимый в шумящих промзонах.

ДИСПЕРСНОСТЬ НАНОЭМУЛЬСИЙ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ МАСЛАМИ

Я.О. Иванова[1], М.М. Костромичева, К.Л. Воронина, М.Ю. Королёва

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва,
yana.emris@gmail.com

Наноэмульсии перспективны для использования в медицине, фармацевтике и пищевой промышленности [1, 2}. Наноэмульсии могут быть получены на основе растительных масел, которые являются широко доступным сырьем для получения различных продуктов. Благодаря возможности растворять гидрофобные лекарственные вещества в дисперсной фазе наноэмульсий, содержащих растительные масла, такие системы в дальнейшем могут быть использованы для создания новых носителей лекарственных и биологически активных соединений.

В данной работе были исследованы прямые наноэмульсии, содержащие миндальное, подсолнечное или горчичное масло. Данные масла содержат значительные количества олеиновой и линолевой кислот. Объемная доля дисперсной фазы в наноэмульсиях была равной 25%.

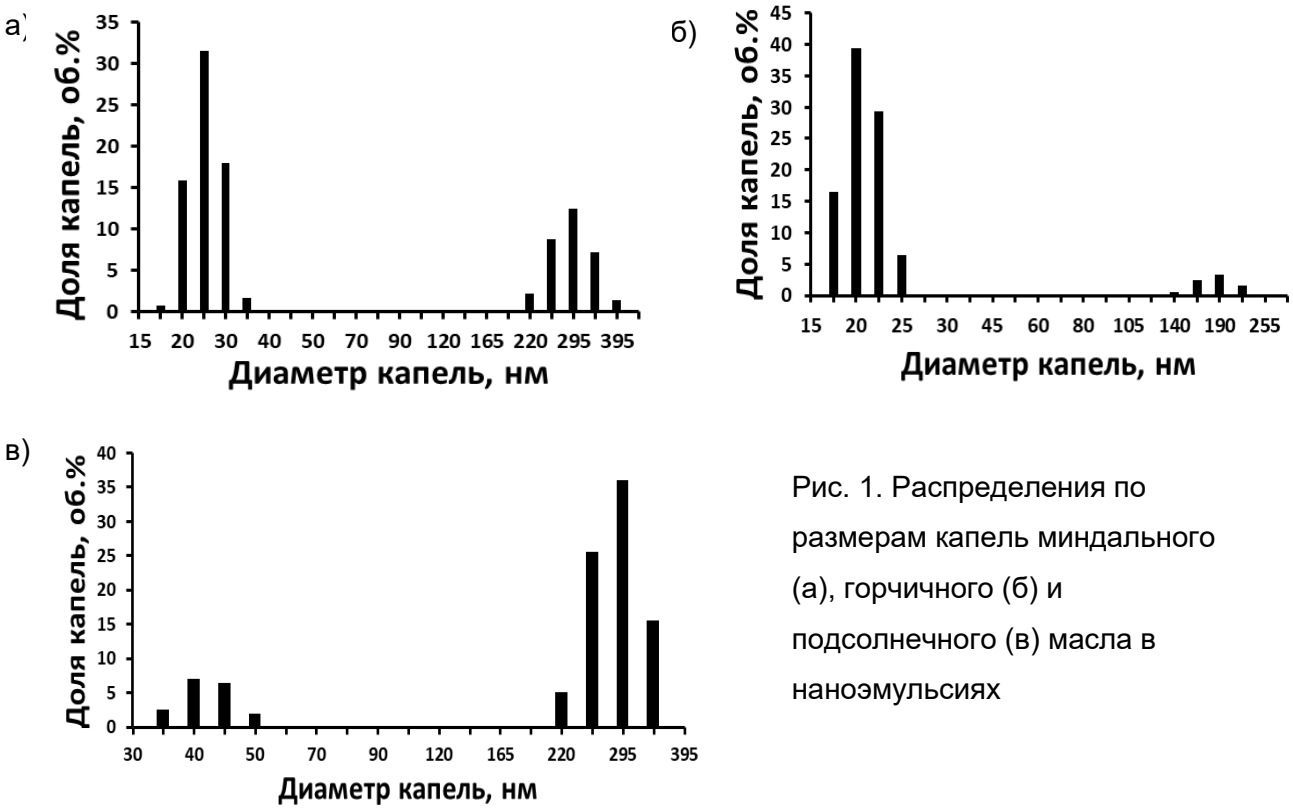


Рис. 1. Распределения по размерам капель миндального (а), горчичного (б) и подсолнечного (в) масла в наноэмульсиях

Наноэмульсии, стабилизированные смесью неионогенных поверхностно-активных веществ - Tween 60 и Span 60 с концентрацией 12,5 об.%, получали методом температурной инверсии фаз. Данные ПАВ являются твердыми при 20 °С, поэтому капли дисперсной фазы в наноэмульсиях представляли собой нанокапсулы с жидким ядром и твердой оболочкой [3, 4], что отличает их от твердых липидных частиц [5].

В наноэмульсиях с миндальным маслом средний размер капель составил 25±5 нм. Часть нанокапель агрегировала с образованием флокул размером ~300 нм. В наноэмульсиях с горчичным маслом средний размер капель был равен 20±3 нм. При этом количество агрегатов со средним размером ~190 нм было сравнительно небольшим. Размер капель в наноэмульсиях с подсолнечным маслом был выше и составил 40-45 нм. Количество агрегатов капель размером ~300 нм было очень высоким, большая часть нанокапель находилась в флокулированном состоянии.

Наиболее устойчивыми к обратной седиментации, т.е. отслаиванию водной дисперсионной среды, были наноэмульсии с миндальным маслом, наименее устойчивыми с горчичным маслом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королева М.Ю., Юртов Е.В. Наноэмульсии: свойства, методы получения и перспективные области применения // Успехи химии, 2012, Т. 81, № 1, С. 21-43.

2. Королева М.Ю. Наговицына Т.Ю. Быданов Д.А, Юртов Е.В. Прямые наноэмульсии, стабилизированные смесями неионогенных ПАВ // Бутлеровские сообщения, 2014, Т. 38, № 4, С. 119–125.

3. Koroleva M.Y. Nagovitsina T.Y., Bidanov D.A., Gorbachevski O.S., Yurtov E.V. Nano-and microcapsules as drug-delivery systems // Resourse – Efficient technologies, 2016, V. 2(4), P. 233-239.

4. Koroleva M.Y. Nagovitsina T.Y., Yurtov E.V. Properties of nanocapsules obtained from oil-in-water nanoemulsions // Mendeleev Communications, 2015, V. 25(5), P. 389–390.

5. Koroleva M., Gorbachevski O., Yurtov E. Reparation and characterization of lipid microcapsules coated with SiO_2@Al_2O_3 core-shell nanoparticles as carries for lipophilic drug delivery // Materials Chemistry and Physics, 2017, V. 202, P. 1-6.

ВЗАИМОСВЯЗАННЫЕ СОСТОЯНИЯ ПОТОКОВ НАНОЧАСТИЦ И ФОТОНОВ ПРИ ЛАЗЕРНОМ ИСПАРЕНИИ

Н.В. Классен, И.С. Цебрук, С.А. Винокуров

Институт физики твердого тела РАН, Черноголовка, klassen@issp.ac.ru

При лазерном испарении микропорошков иодида цезия и карбида кремния обнаружено формирование взаимосвязанных состояний потоков наночастиц испаряемого материала и потоков лазерного излучения. В этих экспериментах использовался непрерывный CO_2 лазер с длиной волны 10,6 микрона и оптической мощностью 70 вт.. Порошок иодида цезия или карбида кремния был уложен слоем толщиной 2 - 3 мм на дне прямоугольной камеры из нержавеющей стали размерами 50x50x60 мм^3. Открытая верхняя сторона камеры накрывалась пластиной из хлористого калия толщиной 10-15 мм. Лазерный пучок, проходя через прозрачную для него пластину, направлялся вертикально вниз на слой порошка, собираясь там в пятно диаметром 3 мм установленной перед камерой линзой. В первые секунды облучения возникал идущий вверх слабый поток белого пара, образующий на пластине белый осадок. Этот процесс испарения еще слабо разогретого порошка можно объяснить разрушением частиц электрическим полем излучения, концентрируемым на острых выступах порошинок. Через 20 - 30 секунд, когда внутренние стенки камеры разогревались до красного свечения, начиналось интенсивное испарение порошка. При этом в идущих вверх потоках пара возникали спиралевидные струи. В осадках пара иодида цезия наблюдались две характерные особенности. Цвет осадка изменялся по ходу процесса испарения. Если в начале осадок имел белый цвет, как и исходный иодид цезия, то по мере разогрева цвет осадка на пластине начинал изменяться, становясь сначала желтоватым, а затем – бурым. При этом в морфологии осадка наблюдались наложения периодических концентрических колец разных диаметров. После нескольких десятков часов выдержки пластин с такими изначально бурыми осадками они светлели, становясь в конечном итоге белого цвета. Сканирующая электронная микроскопия этих осадков на разных стадиях показала, что в буром состоянии там присутствуют наночастицы различающихся размеров и составов, а по мере побеления частицы несколько укрупнялись и становились более однородными по размерам и по составу, соответствующему стехиометрии иодида цезия. Для понимания механизмов формирования периодически модулированных осадков наночастиц с отклонениями от стехиометрии важно отметить, что такие процессы возникали при настолько интенсивном испарении, что за счет рассеяния облучающего лазерного луча на встречных потоках пара разогрев

кратковременно ослаблялся. Скорость испарения понижалась, что приводило к восстановлению интенсивности лазерного луча и новому повышению плотности пара. Таким образом возникали взаимосвязанные автоколебания яркости теплового свечения стенок камеры и парового потока с периодами порядка нескольких секунд. Наблюдаемое образование концентрического периодически модулированного осаждения наночастиц можно объяснить формированием взаимосвязанных состояний потоков испаряемых наночастиц и лазерных фотонов, рассеиваемых флуктуациями формы расплава иодида цезия на дне камеры и плотности пара. Бурый цвет периодических осадков с последуюшим восстановлением его до белого указывает на то, что в парах происходит разложение исходного иодида цезия на компоненты с разными концентрациями иода и цезия. Диэлектрическая проницаемость паров становится неоднородной, что вызывает расслоение потока, так как нанокомпоненты с повышенной электропроводностью выталкиваются в области с пониженной интенсивностью оптического излучения, а диэлектрические частицы, наоборот, втягиваются в зоны повышенной интенсивности. Расслоение пара усиливает неоднородности оптического потока, так как он втягивается в зоны с повышенной действительной компонентой проницаемости и выталкивается из областей повышенной проводимости. В такой ситуации возможно образование периодической модуляции плотностей и пара, и потока, обусловленной положительными обратными связями между их флуктуациями. Концентрические круги такой модуляции обусловлены квазиточечными формами центров исходного рассеяния лазерного пучка флуктуационной природы на поверхности кипящего расплава и внутри плотного потока пара, так как они создают рассеянные потоки конической формы. Большой разброс наблюдаемых периодов осадков наночастиц обусловлен, вероятно, различиями в интенсивностях рассеянных световых потоков, определяющих флуктуационное расслоение потоков пара и излучения.

О РОЛИ НАНОМЕМБРАН РАСТЕНИЙ В ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ, ОПТИЧЕСКИХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ АВТОКОЛЕБАНИЙ

А.А. Коломиец [1], С.А. Винокуров[2] , Н.В. Классен [2]

1) МОУ средняя школа № 45, Ямкино, kolomietsarkadiy@gmail.com

2) Институт физики твердого тела РАН, Черноголовка, klassen@issp.ac.ru

Исследования электрических, деформационных и оптических процессов в растениях проводятся более сотни лет. Имеются данные об электрических потенциалах на клеточных мембранах и их изменениях при деформировании, оптических явлениях, происходящих при фотосинтезе и т.д. Но ряд процессов оставался вне внимания специалистов. Недавно в наших работах была показана роль пьезоэлектрических свойств целлюлозы в жизнедеятельности растений. Оказалось, что в переносе питательных веществ по микрокапиллярам растений активно работают электромеханические волны, бегущие по пьезоэлектрическим стенкам и увлекающие своим электрическим полем нанокомпоненты водных растворов. В данной работе мы сообщаем новые экспериментальные факты об автоколебательных процессах в растительных микроволокнах. Ранее нами была обнаружена генерация заметных электрических потенциалов в стеблях и листьях растений при их слабом деформировании, сравнимом с ветровыми деформациями (порядка вольта на 10 см). На этом факте был предложен ветровой электрогенератор на колебаниях растений . Но для его эффективности наряду с генерацией потенциалов необходимо еще иметь не слишком большое внутреннее сопротивление. Для определения условий, формирующих внутреннее сопротивление при генерации потенциалов в растениях, были поставлены эксперименты на пучках микрокапилляров, извлеченных из стеблей крапивы и фикуса. Измерялись зависимости токов от подаваемых на образцы разностей потенциалов при прямом (от корня к вершине) и обратном направлении тока, регистрировались изменения формы капилляров и пространственного распределения их оптических свойств по наблюдениям с помощью микроскопа в поляризованном свете. Были обнаружены автоколебания тока при постоянной во времени разности потенциалов с амплитудами до 50% и характерными периодами порядка 10 – 20 секунд. Синхронно с этим наблюдались осцилляции пространственного положения границ между оптически анизотропными и изотропными зонами микроволокон с амплитудами смещений в 150 – 300 микрон. Кроме таких быстрых колебаний наблюдались более медленные изгибания микроволокон, т.е. возвратно-поступательные боковые смещения их центральных зон с

амплитудами порядка 500 микрон. По мере протекания тока происходило большое сужение токонесущих частей микроволокон: их края накладывались на части, более близкие в середине, с соответствующим снижением прозрачности за счет увеличения толщины. Кроме того, со стороны отрицательного электрода наблюдалось ослабление зеленой окраски части волокна, приобретаюшей серый оттенок. Мы объясняем обнаруженные факты переключениями проницаемости наномембран с 10-20 секундными периодами. Эти мембраны толщиной в 5 - 10 нанометров перекрывают свободные трубчатые полости микрокапилляров. Электрические заряды под действием внешнего поля свободно и относительно быстро перемещаются по свободным зонам и упираются в наномембраны, накапливаясь у них. При накоплении заряда возрастает локальное электрическое поле, под действием которого наномембрана скачком открывается и этот скачок приводит к лавинному открыванию всех остальных мембран вдоль микроволокна. После скачкообразного рассасывания скоплений зарядов у наномебран они опять закрываются. Эти процессы повторяются квазипериодически. Перераспределения зарядов в отдельных микроволокнах изучаемого пучка приводят в появлению кулоновского притяжения между ними, которое индуцирует их взаимное наложение друг на друга и изгибания пучка как целого. Параллельно с переключениями наномембран происходят перемещения границ между зонами изотропными и анизотропными, т.к. эти зоны формируются воздействиями электрических полей и деформаций. Возрастания локальных электрических полей у наномембран вызывают частичные разрушения молекул хлорофиллов, чем объясняется ослабление зеленой окраски. Асимметрия электросопротивления растений (сильные различия при направлениях тока от корня к верхушке и наоборот), обусловливающая электродипольные свойства компонентов растений, также связана с переключениями токопроводящих характеристик наномембран.

MODELING THE INFLUENCE OF STRUCTURE MODIFICATION OF LOW-SIZE ZNO, *B*-C_3N_4, INSE AND SINGLE-LAYER BORON ON THEIR PHYSICAL PROPERTIES

Xue Lei[1], Danil W. Boukhvalov[2,1], Anatoly F. Zatsepin[1]

1) Ural Federal University, Yekaterinburg, lei@urfu.ru

2) Nanjing Forestry University, Nanjing, P. R. China

Low-dimensional materials are in the focus of modern materials science, physics and chemistry. These materials are already finding their first application in various industries such as electronics, energy (batteries, solar panels), chemical technology (catalysis). One of the main features of low-dimensional systems is the significant contribution of the surface to all the properties of the material. In low-dimensional systems the contribution from the surface and the influence of doping of near-surface regions, the shape and defects of the surface, and changes in the surface structure after modification should be taken into account and the contribution from the adsorption of molecules on the surface is inevitable. To study these effects, the most prominent representatives of various classes of low-dimensional materials are considered: ZnO, *β*-C_3N_4, InSe and borophene, the result is comprehensive for all nano-objects because we checked all morphology and discussed all types of surface treatment. Such a choice of objects of study allows us to study the relationships between the physical and chemical properties of nanomaterials systematically, since the study covers the most common morphological types of low-dimensional materials - large and small nanoparticles, van der Waals systems, conductors and semiconductors. Zinc oxide usually forms large nanoparticles with a structure identical or close to the structure of array and therefore a small contribution of the surface to physical properties. To simulate zinc oxide nanoparticles, a supercell of the ZnO array can be used under periodic boundary conditions. Carbon nitride forms nanoparticles with an atomic structure close to the array, but with a large contribution

from the surface due to the small size of the nanoparticles. Indium selenide represents a system of layers connected by weak non-covalent bonds, which are easily melted to form a single-layer membrane. A single-layer boron membrane (borophene), the various allotropes of which have an atomic structure different from boron crystals, and which, unlike the other systems studied, is a conductor.

Calculations were performed within the framework of the density functional theory by using the plane-wave pseudopotential approach in the Cambridge Sequential Total Energy Package codes. We used the generalized gradient approximation of Perdew-Burke-Ernzerhof scheme to describe the exchange-correlation potential. Energy cutoff of plane-wave was set to be 450 eV, the tolerances for geometry optimization were set as the difference in total energy within 1×10^{-6} eV/atom. For all systems under study, the following procedure was followed: building a model, choosing parameters for optimization, calculating and analyzing properties.

In this work we report results of the atomic structure of oxide low-dimensional systems and relationships between modification by doping, creating defects, surface oxidation on its electronic structure, optical, magnetic and surface properties. It was found that the varying of the optical properties of $Be_xZn_{1-x}O$ is related to the different impurity concentration inducing the changes in the lattice parameter.

Modification of defects on the *β*-C_3N_4 surface lead to a significant change in the energy gap between the valence and conduction bands. Oxidation of borophene, as well as defects on the surface of *β*-C_3N_4, can lead to the appearance of a magnetic moment in these structures due to the presence of broken bonds. The passivation of these broken bonds is difficult, which makes d0 magnetism chemically stable in these systems.

The adsorption energies of various gases on the surface of a single-layer InSe depend on whether optimization has been made only of atomic positions (which corresponds to a monolayer on a substrate) or atomic positions and lattice parameters (which corresponds to the case of a free membrane).

СИНТЕЗ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК СО СТРУКТУРОЙ ЯДРО/ОБОЛОЧКА CDSE/CDS ОДНОСТАДИЙНЫМ МЕТОДОМ

Степанова У.А., Аль-Майяхи Х., Хакимов К. Т., Мурадова А.Г.

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва

uljana_stepanova@mail.ru

Квантовые точки (КТ) на основе халькогенидов кадмия – являются наиболее изученными и нашедшими широкое практическое применение в различных областях: оптоэлектронике, биологии и медицине. Коллоидный метод синтеза квантовых точек имеет ряд преимуществ, таких как возможность их получения в виде дисперсии, что позволяет расширить их область применения, а также возможность получения квантовых точек с узким распределением по размерам [1-3].

В нашей работе квантовые точки CdSe/CdS были получены одностадийным методом осаждения. В качестве растворителя для проведения синтеза использовались водно-этанольная смесь, диэтиленгликоль и глицерин. Синтез включал в себя инжекцию водного раствора селеносульфата натрия в нагретую реакционную смесь, содержащую прекурсор кадмия $Cd(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$, гидроксид натрия и олеиновую кислоту. Реакционная смесь выдерживалась при требуемой температуре в течение определённого периода времени для получения нанокристаллов необходимого размера.

Для получения квантовых точек CdSe/CdS со структурой ядро-оболочка использовали однореакторный метод синтеза. Наращивание оболочки CdS проводилось путём добавления к полученной реакционной смеси, содержащей нанокристаллы-ядра CdSe, водного раствора тиоацетамида по каплям в течение 3 часов при 75°C. Все полученные нанокристаллы экстрагировались н-гептаном. Очистка включала в себя переосаждение этанолом и реэкстракцию.

Размер нанокристаллов рассчитывался по анализу спектров поглощения с помощью эмпирического уравнения, исходя из положения экситонного пика [4], который составил от 1,9 нм до 4,7 нм. Данные по размерам подтверждались результатами ПЭМ. С ростом размеров КТ ширина запрещенной зоны, рассчитанная по уравнению Тауца, уменьшалась с 3,0 эВ до 1,9 эВ.

Спектры фотолюминесценции снимались с использованием люминесцентного спектрометра Perkin Elmer LS 55. На рис. 1 представлен спектр

фотолюминесценции для квантовых точек CdSe, полученных в глицерине при 150°C, а также спектр фотолюминесценции квантовых точек CdSe/CdS со структурой ядро-оболочка. По анализу спектров фотолюминесценции было установлено, что для полученных КТ отсутствует люминесценция дефектов, в отличие от КТ, синтезированных в других растворителях. Формирование структуры ядро-оболочка способствовало увеличению квантового выхода до 20%, при этом средний размер частиц увеличивался с 3,36 нм до 4,76 нм.

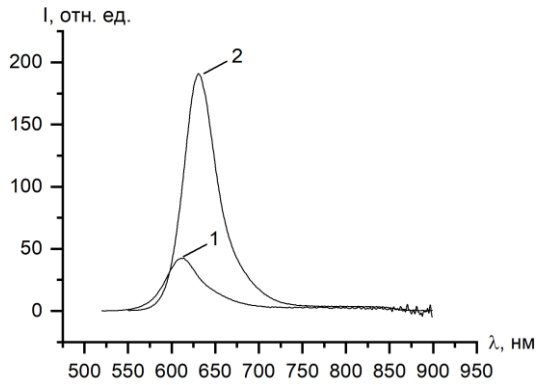


Рис. 1. Спектры фотолюминесценции КТ CdSe (1) и CdSe/CdS (2), полученных при 150°C в глицерине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brus L. Electronic wave functions in semiconductor clusters: experiment and theory // The Journal of Physical Chemistry. – 1986. – V. 90, № 12. – P. 2555-2560.
2. Murray C. B. Synthesis and characterization of nearly monodisperse CdE (E = sulfur, selenium, tellurium) semiconductor nanocrystallites / C. B. Murray, D. J. Norris // J. Am. Chem. Soc. – 1993. – V.115. – P.8706-8715.
3. Ung, T.D.T. CdTe and CdSe quantum dots: synthesis, characterizations and applications in agriculture / T.D.T. Ung, T.K.C. Tran, T.N. Pham, D.N. Nguyen, D.K. Dinh, Q.L. Nguyen // Adv. Nat. Sci.: Nanosci. Nanotechnol. – 2012. – V. 3. – P. 043001-043012.
4. Yu W.W. et al. Experimental determination of the extinction coefficient of CdTe, CdSe, and CdS nanocrystals // Chem. Mater. 2003. Vol. 15, № 14. P. 2854–2860.

СИНТЕЗ ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ МЕТОДОМ В ЖИДКОЙ ФАЗЕ ФЕРРОМАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ, ИММОБИЛИЗОВАННЫХ В УГЛЕРОДНУЮ МАТРИЦУ

Уалханова М.Н.[1,2], Габдуллин М.Т.[1,2,3], Щур Д.В.[5], Оразбаев С.А.[1,2],

Исмаилов Д.В.[1,2], Кайратулы А[4]

1)Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Республика Казахстан, г. Алматы

2)Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа, Республика Казахстан, г. Алматы

3) Казахстанско-Британский технический университет, Республика Казахстан, г.Алматы

4) Казахский Национальный педагогический университет имени Абая, Республика Казахстан, г.Алматы

5) Институт Проблем Материаловедения им. И.Н. Францевича, Украина, г. Киев

Одной из задач сегодняшнего дня является развитие новых методов для синтеза ферромагнитных, суперпарамагнитных наночастиц, иммобилизованных в полимерной или углеродной наноструктурной матрице, и изучение возможности влияния на их структуру и магнитные свойства. Когда критический параметр, определяющий некоторые явления (размер магнитных доменов, характерная длина обменных взаимодействий и т.д.), становится сопоставимым с размером частиц, наноразмерные магнитные материалы проявляют резкую изменчивость магнитных свойств. Таким образом, существует потребность развивать новые методы синтеза, защиты и аттестации таких наносистем для того, чтобы с помощью технологически управляемых процессов синтезировать перспективные магнитные материалы. Капсуляция металлических наночастиц в углеродные химически инертные графитоподобные оболочки позволяет начать синтез материалов нового поколения.

Одним из методов получения высокодисперсных ферромагнитных наночастиц является метод электродугового разряда в жидкой фазе. Этот метод обладает

рядом технологических и физических преимуществ. Он достаточно прост в аппаратурном оформлении, обладает экологической чистотой, безотходностью технологии, низкой энергоемкостью, экономичен. Кроме этого, для этого метода характерны высокие температуры (>4000К) в зоне синтеза наночастиц, сверхвысокие скорости охлаждения (> 10^9К/с), высокая дисперсность получаемого продукта (10÷1000нм).

В данной работе проводился синтез металлических наночастиц, иммобилизованных в углеродную оболочку. Размеры полученных наноструктур определяли с помощью сканирующей электронной микроскопии, просвечивающей электронной микроскопией рентгеноструктурного анализа, спектроскопии комбинационного рассеяния.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ ПРИ СОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ

К.К. Хамитова, Д.В. Исмаилов, Б.К. Капсатарова

Казахский национальный университет им.аль-Фараби, Алматы,
khamitovakorlan@gmail.com

Общеизвестно, что степень загрязнения водных ресурсов постоянно растет, т.е. снижается качество и полезные свойства воды, изменяются химический состав и физическое состояние. Ежегодно возрастает водопотребление при ограниченных мировых запасах пресной воды. Также увеличивается количество сбрасываемых отходов в водные ресурсы, что приводит к недостаточной способности воды к самоочищению и непригодности для употребления. К сожалению, несмотря на многочисленные научные исследования в области очистки вод, проблема загрязнения водных объектов остается все также наиболее актуальной.

Для очистки вод все шире используют сорбционные методы с использованием углеродных наноматериалов. Исследования, проводимые в мире, показали высокую проницаемость, большую удельную поверхность, селективность углеродных наноматериалов в качестве сорбентов. Наиболее перспективными в области использования в качестве фильтров для очистки вод из широкого спектра наноматериалов выделяют нанотрубки, графен и оксид графена. Углеродные нанотрубки и графен также обладают противомикробной активностью, .т.е. тем самым дополнительно оказывают дезинфицирующее воздействие.

Проведенные нами исследования УНМ, полученных в Национальной нанотехнологической лаборатории открытого типа Казахского национального университета им. аль-Фараби, в процессах очистки воды в статистических и динамических условиях, наряду с хорошими показателями сорбционных свойств материалов показали отличительную высокую скорость пропускания воды и достаточно короткий промежуток времени получения нужного результата в экспериментах. При выполнении анализа нами использовались образцы, содержащие нанотрубки, графен и фуллерены. Исследование углеродной сажи, содержащей остаточное количество фуллеренов после основного процесса, показало наименьшую степень ее пригодности в процессах очистки воды.

В целом результаты анализа показали о возможности использования УНМ в процессах очистки вод в перспективе. К недостаткам применения углеродных наноматериалов в методах обработки воды можно отнести их высокую стоимость, сложный процесс получения и недостаточно изученный на данный момент вопрос о возможном токсичном эффект воздействия данных веществ на человека и окружающую среду.

ДИНАМИЧЕСКОЕ ФОРМИРОВАНИЕ НАНОСТРУКТУР В ОБЪЕМНЫХ И МИКРОВОЛОКОННЫХ КОМПОЗИЦИЯХ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

И.С. Цебрук, А.П. Покидов, Н.В. Классен

Институт физики твердого тела РАН, Черноголовка, klassen@issp.ac.ru

Ранее мы сообщали об особенностях формирования шариковой обкаткой приповерхностных наноструктур в объемных кристаллах и сцинтилляционных микроволокон вытягиванием из растворных композиций полистирола с наночастичными наполнителями. Данная работа посвящена выявлению и анализу сходств и расхождений в этих методиках, процессах и результирующих формах. Самое существенное различие во внешних условиях касается динамики формирования наноструктур. При вытягивании композиционных микроволокон скорость вытягивания струи раствора и, соответственно, скорость отверждения изменялась от пяти до тысячи сантиметров в секунду. С другой стороны, при формировании наноструктур шариковой обкаткой скорость движения шарика – порядка сантиметра в секунду, а максимальная скорость продвижения легирующих веществ в приповерхностный слой была ниже десятитысячной доли сантиметра в секунду. Но несмотря на существенные различия скоростей формирования в образующихся структурах наблюдаются общие черты. В первую очередь это относится к микромасштабной геометрии формируемых образований, выявляемой с помощью оптического микроскопа. Микроволокна имели поперечные диаметры от нескольких микрон до нескольких десятков микрон. Вещества, внедряемые обкаткой, также волконоподобные и иглоподобные формы с поперечниками от нескольких микрон до двух-трех десятков микрон. На уровне наномасштабов и при обкатке приповерхностных слоев, и при вытягивании микроволокон возникают расщепления микроструктурных неоднородностей на квазипериодические системы протяженных «нитей» с поперечными наноразмерами и преимущественной ориентацией параллельно направлению либо обкатки шариком, либо вытягивания микроволокна. Самопроизвольное формирование квазипериодических наноструктур при воздействии на материал пространственно однородного и постоянного во времени внешнего силового фактора (механического, оптического или электрического) – результат самоорганизации. Это явление возникает в материалах сложных составов, где создается сильное отклонение от равновесного

состояния, а во взаимодействиях между компонентами системы проявляются нелинейные процессы с положительной обратной связью. Схожесть наномасштабных геометрических параметров вытягиваемых микроволокон и обкатываемых поверхностей показывает, что, несмотря на радикальные различия в методиках формирования, математические описания динамики этих столь разных систем имеют много общего. Третья группа общих черт образцов, полученных обкаткой и вытягиванием – обнаружение и в тех, и в других случаях протяженных спиралевидных образований. Феноменологически формирование турбулентных структур при поступательном движении системы обычно объясняется высоким поперечным градиентом скоростей продольного движения элементов системы. Количественная мера появления турбулентностей – нарастание уровня энергетических потерь на трение за счет градиента скорости до уровня кинетической энергии поступательного движения в заданном направлении. В случае внедрения шариковой обкаткой работает сопоставление работы, требуемой для движения вперед по кратчайшему пути, с работой, которая должна быть затрачена на обходной путь по спирали с осью, направленной вперед. Наши эксперименты показали, что при некоторых вариантах обкаточного внедрения (например, полистирола в иодид цезия) возникают не спиральные закрутки (как, например, при внедрении наночастиц углерода), а заостренные иглы полимера, направленные перпендикулярно поверхности, т.е. по кратчайшему пути. Инфракрасная спектроскопия и электронная микроскопия композиций иодида цезия с полистиролом выявили признаки активного химического взаимодействия этих веществ. При введении в полистирольные волокна наночастиц иодида цезия существенно изменились спектры колебаний бензольных колец, а в морфологии поверхности волокон возникли нанопоры, идущие внутрь волокна. Образование нанопор можно объяснить активным образованием газообразных соединений – например, иодистого водорода. Таким образом, наногеометрии композиций из разных материалов от иглоподобных до спиралевидных могут регулироваться подбором элементов с разными активностями химического взаимодействия.

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ Е-FE_2O_3 В МАТРИЦЕ ПЛОТНОУПАКОВАННЫХ ЧАСТИЦ SIO_2

А.И. Шарапаев, А.В. Скорикова, С.А. Кузнецова, А.Г. Мурадова, Е.В. Юртов

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, asharapaev@muctr.ru

Наноразмерные оксиды железа представляют большой интерес в широком спектре областей – от электроники и космической техники до биомедицинских применений [1,2]. Особое место среди оксидов железа занимает существующая только в наноразмерном состоянии ε-модификация Fe_2O_3. Высокая коэрцитивная сила (~20 кЭ), умеренная намагниченность насыщения и ферроэлектрические свойства определяют возможность использования материалов на основе ε-Fe_2O_3 для поглощения и аттенюации электромагнитного излучения и хранения информации.

Фазовый состав нанопорошков оксида железа (III) зависит от размера составляющих его наночастиц. При размере менее 20 нм преобладает γ-Fe_2O_3, размер частиц более 60-100 нм благоприятствуют образованию α-Fe_2O_3, промежуточные размеры как правило приводят к образованию смеси различных модификаций [3]. Для контроля размера наночастиц Fe_2O_3 может быть использован темплатный синтез. В качестве темплата, учитывая высокую температуру образования ε-Fe_2O_3, могут быть использованы плотноупакованные матрицы, образованные монодисперсными частицами SiO_2. Размер и распределение пустот в матрицах будет определяться размерами частиц SiO_2, а также плотностью и совершенством их упаковки.

Плотноупакованные матрицы были получены высушиванием дисперсии SiO_2 на горизонтальной подложке. Полученные матрицы пропитывались раствором $Fe(NO_3)_3$. Для пропитки был предложен способ вакуумной фильтрацией избытка раствора нитрата железа, что позволило избежать осаждения соединений железа на поверхности пленок при сохранении высокой производительности процесса по сравнению с капиллярным пропитыванием матрицы. Пропитанные матрицы были высушены при 120 °C и прокалены при 1000 °C в течение 4 часов.

В зависимости от размера частиц матрицы изменялся цвет и магнитная восприимчивость продукта прокаливания. Исследование продуктов прокаливания методом

рентгеновской дифракции показало наличие во всех образцах рефлексов, соответствующих модификациям Fe_2O_3. Наиболее интенсивный рефлекс соответствует плоскостям (122) ε-Fe_2O_3 и расположен в области 32 °(2θ). Следует отметить высокий уровень шумов, связанный с наноразмерностью кристаллитов и их сильным разбавлением аморфной фазой, а также наложение рефлексов α- и γ-модификаций что снижает точность количественного фазового анализа.

Результаты фазового анализа показывают, что увеличение размера сфер, образующих матрицу приводит к росту содержания α-Fe_2O_3 и снижению содержания γ-Fe_2O_3. Подобную зависимость можно объяснить изменением размера пустот в плотной упаковке при изменении размера образующих её сфер. Определен размер пустот упаковки, обеспечивающий максимальное содержание ε-Fe_2O_3, хорошо согласующийся с известными из литературы областями стабильности ε-Fe_2O_3. Анизотропия уширения дифракционных пиков свидетельствует о том, что частицы имеют эллиптическую форму с отношением больших осей 1:3:2 для осей кристаллической решетки a, b и c соответственно, что хорошо согласуется с результатами просвечивающей электронной микроскопии.

Полученные результаты может быть использован для получения наноструктурированных, в том числе опалоподобных, материалов на основе ε-Fe_2O_3.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-03-00668.

1. Lukashova N.V., Savchenko A.G., Yagodkin, Yu.D., Muradova, A.G., Yurtov, E.V. Investigation of structure and magnetic properties of nanocrystalline iron oxide powders for use in magnetic fluids // J. Alloys Compd. Elsevier, 2014. Vol. 586. P. S298–S300.

2. Strapolova V.N., Yurtov E.V., Muradova A.G., Sharapaev A.I. Effect of Magnetite Nanoparticles' Modification on Optical Properties of Solar Absorber Coatings // J. Spacecr. Rockets. 2017. Vol. 55, № 1. P. 1–5.

3. Lee S., Xu H. Size-Dependent Phase Map and Phase Transformation Kinetics for Nanometric Iron(III) Oxides (γ → ε → α Pathway) // J. Phys. Chem. C. 2016. Vol. 120, № Iii. P. acs.jpcc.6b05287.

Нанотехнологии в строительстве

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРА ПРИРОСТА НАПРЯЖЕНИЙ ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРОВ ПРИ ДЕФОРМИРОВАНИИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАСТЯГИВАЮЩИХ НАГРУЗОК*

Т.А. Низина, Д.Р. Низин, Н.С. Канаева, А.Н. Чернов

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, Саранск,

nizinata@yandex.ru

Активное внедрение в последние годы в практику научных исследований высокоточного современного оборудования, в том числе для определения прочностных показателей композиционных материалов различного вида и назначения также приводит к формированию больших объемов данных, содержащих до 10-30 тыс., а в ряде случаев и более, экспериментальных значений для каждого исследуемого образца. Для извлечения из формируемых массивов данных, которые, без сомнений, можно отнести к «большим данным», важной информации о процессе деформирования композитов при приложении механических нагрузок авторским коллективом предложена методика определения характеристических точек исследуемых кривых. Сущность методики заключает в анализе графических зависимостей изменения прироста напряжений, построенных с различным шагом снятия показаний, соответствующим 2^k, где k принимается равным от 0 до 4. С учетом фиксации показаний при построении кривых деформирования с частотой в 0,01 сек., абсолютные значения при построения временных рядов составляли: 0,01; 0,02; 0,04; 0,08 и 0,16 сек.

В данном исследовании был проведен анализ кривых деформирования эпоксидных полимеров, экспонированных в условиях воздействия натурных климатических факторов в условиях умеренно-континентального климата в течение одного календарного года. Механические испытания на растяжение в соответствии с ГОСТ 11262-2017 (ISO 527-2:2012) «Пластмассы. Метод испытания на растяжение» проводились для образцов в контрольном состоянии, а также через 45, 90, 180, 270 и 360 суток натурного воздействия. В качестве полимерных связующих были выбраны эпоксидная смола ЭД-20 и модифицированная эпоксидная смола Этал-247, отверждаемые отвердителями Этал-1440Н, Этал-1460, Этал-1472 и Этал-45М. При проведении механических испытаний образцов эпоксидных полимеров на растяжение использовалась разрывная машина серии AGS–X с программным обеспечением TRAPEZIUM X. Типичные графические зависимости, получаемые для полимеров при различном шаге снятия показаний (0,01 и 0,16 сек.), представлены на рис. 1.

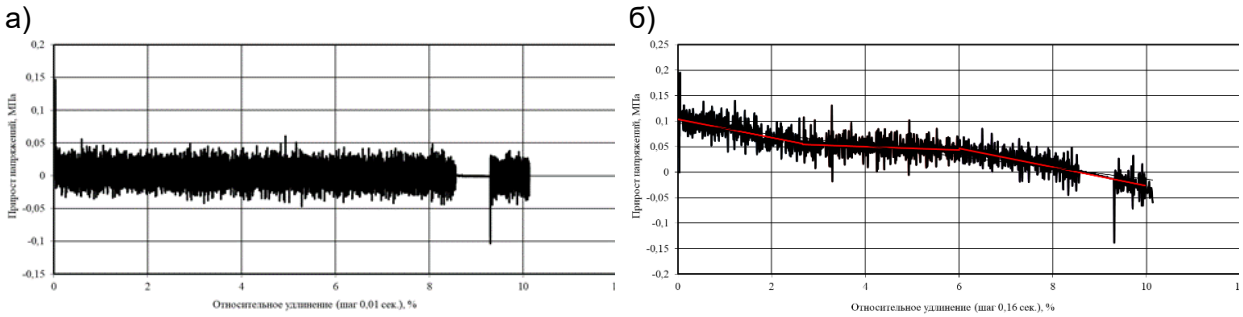


Рис. 1. Временные ряды прироста напряжений при растяжении в зависимости от относительного удлинения эпоксидного полимера (Этал-247+Этал-1472), построенные с шагом 0,01 (а) и 0,16 (б)

Из анализа рис. 1 видно, что с увеличением шага наблюдается все большая структуризация получаемых графических зависимостей. В частности, для полимера состава Этал-247 + Этал-1472 при шаге снятия показаний через 0,16 сек. происходит формирование трех зон, описываемых линейными зависимостями (линии красного цвета на рис. 1, б) с различными углами наклона. Очевидно, что подобная структуризация прироста напряжений в образцах при растяжении свидетельствует о различных состояниях его структуры, что, в первую очередь, связано с увеличением числа «отказавших» участков в процессе деформирования и возможностью перераспределения напряжений по «рабочим» зонам. При этом граничные значения формирующихся участков на анализируемых зависимостях можно отнести к характеристическим точкам, фиксирующим уровни «критических» напряжений и деформаций при приложении растягивающих нагрузок.

Предложенный подход для анализа больших объемов экспериментальных данных, фиксируемых с высокой частотой при механических испытаниях полимеров с помощью современного высокоточного испытательного оборудования, позволяет получить ценную информацию о процессе накопления в их структуре микро- и макродефектов, а также определить «критические» уровни напряжений и относительных деформаций при растяжении. Кроме того, разработанная методика позволяет проследить изменение характера разрушения исследуемых образцов в зависимости от состава, а также длительности и интенсивности воздействующих агрессивных факторов, что особенно важно при оценке долговечности и эксплуатационной надежности исследуемых композитов.

** Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-08-01050.*

Нанобиотехнологии

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ГОМЕОСТАЗ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ

И.В. Гмошинский[1], В.А. Шипелин[1,2], А.А. Шумакова[1]

1) Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, gmosh@ion.ru

2) Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, v.shipelin@yandex.ru

Искусственные наноматериалы (НМ) при поступлении в организм способны воздействовать на обмен эссенциальных макро- и микроэлементов, необходимых для обеспечения жизнедеятельности, и токсичных элементов, присутствующих в пищевой продукции и объектах окружающей среды. Влияние на гомеостаз микроэлементов рассматривается как один из основных универсальных механизмов токсичности наночастиц, являющийся альтернативой их способности к генерации свободных радикалов на межфазных границах. Одностенные (ОСУНТ) и многостенные (МУНТ) углеродные нанотрубки относятся к массово производимой продукции наноиндустрии. Использование ОСУНТ и МУНТ в составе агрохимикатов, в фильтрах для очистки воды, упаковочных материалах, носителях лекарственных препаратов, делает актуальным сценарий пероральной экспозиции человека этими НМ. Основная часть исследований, посвященных токсичности МУНТ и ОСУНТ, сосредоточена на их прооксидантной, провоспалительной и иммуномодулирующей активности, тогда как их возможное влияние на минеральный обмен практически не изучено. Целью настоящей работы явилась оценка воздействия перорально вводимых МУНТ и ОСУНТ на содержание ряда эссенциальных и токсичных микроэлементов в органах крыс.

В работе использовали МУНТ «Таунит-М®» производства ООО «Нанотехцентр», Россия, г. Тамбов, и ОСУНТ производства ООО «Углерод-ЧГ», Россия, МО, г. Черноголовка. Препараты в сухом виде и в водных дисперсиях были охарактеризованы методами трансмиссионной электронной микроскопии, динамического рассеяния света и комбинационного светорассеяния. Содержание примесей микроэлементов в нанотрубках контролировали методом рентгенофлуоресцентного анализа. МУНТ и ОСУНТ вводили растущим самцам крыс Wistar путем замены питьевой воды на дисперсии наноматериалов

в 1% растворе носителя Твин 20 в расчетных дозах 0.01; 0.1; 1 и 10 мг/кг массы тела (м.т.) на протяжении 92 суток. Контрольные животные получали раствор носителя. Рацион крыс был сбалансирован по содержанию минеральных веществ. По окончании эксперимента в печени, почках, селезенке, гонадах и головном мозге крыс определяли содержание 21 химического элемента (Al, Ba, Be, V, Fe, Cd, Co, Li, Mg, Mn, Cu, As, Ni, Pb, Se, Ag, Sr, Tl, Cr, Cs, Zn) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

В результате исследования выявлено снижение содержания в органах животных, получавших МУНТ, ряда токсичных элементов, включая As, Cd, Pb, Tl, Ni, Ba, Be, а также элементов с недостаточно установленной функцией - V, Sr и Ag. Одновременно наблюдалось снижение содержания Se в большинстве биосубстратов, включая семенники, и повышение уровня Al в печени. У крыс, получавших ОСУНТ, отмечено снижение содержания в органах токсичных As, Pb, Cd, а также Cs при одновременном снижении уровня Se в большинстве биосубстратов. При этом, в отличие от МУНТ, ОСУНТ не вызывали снижение содержания селена в гонадах. Полученные данные указывают на способность МУНТ и ОСУНТ стимулировать выведение из организма ряда токсичных металлов и, одновременно, снижать показатели обеспеченности микроэлементом селеном, проявляющим антиоксидантную активность. Механизм взаимодействия нанотрубок с минеральными веществами может включать процессы фагоцитоза, экспрессии P2X7R, MAPK-сигнальных систем, опосредуемой действием малых интерферирующих РНК. По данным литературы углеродные нанотрубки обладают также способностью подавлять экспрессию ряда металлосодержащих или металлопереносящих белков. Отсутствие определенной зависимости изученных эффектов от дозы НМ или их максимальное проявление при низкой (0.1 мг/кг м.т.) и сверхнизкой (0.01 мг/кг м.т.) дозе, по-видимому, указывают на системную природу и комплексный механизм действия на микроэлементный гомеостаз проникающих в организм относительно коротких фрагментов ОСУНТ и МУНТ.

Работа проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках Программы фундаментальных научных исследований (тема Минобрнауки России № 0529-2014-0053).

ТЕРМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ НОСИТЕЛЯ ДЛЯ ТРАНСДЕРМАЛЬНОЙ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ ЛЕЦИТИНА

Е.К. Дронова, Н.М. Мурашова, Е.В. Юртов

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, kate-dronova@yandex.ru

Разработка систем адресной доставки лекарственных веществ является одним из быстро развивающихся направлений использования наноструктурированных материалов для медицины [1]. Наноструктурированные системы на основе лецитина - перспективные носители для трансдермальной доставки биологически активных веществ [2,3]. На кафедре Наноматериалов и нанотехнологии была разработана жидкокристаллическая композиция для доставки лекарственных веществ, содержащую в себе лецитин, воду и два типа растительных масел - жирное и эфирное.

Термическая стабильность является важной характеристикой любой лекарственной формы. Для изучения термической стабильности жидких кристаллов в системе лецитин – масло авокадо - эфирное масло чайного дерева – вода был использован метод дифференциальной сканирующей калориметрии в сочетании с термогравиметрией.

Был исследован образец жидких кристаллов (70 мас.% лецитин, 10 мас.% масло авокадо, 5 мас.% масло чайного дерева, 15 мас.% вода) в сравнении со смесью масел авокадо и чайного дерева и смесью лецитин – вода. Интервал температур был выбран от комнатной до 130 °С. Кривая синхронного термического анализа для жидких кристаллов в системе лецитин – масло авокадо - эфирное масло чайного дерева – вода представлена на рис.1.

Температура вспышки (возгорания при соприкосновением с огнем) эфирных масел составляет 53-92 °С. На ДСК-кривой пик для смеси масел (одна часть масла чайного дерева и две части масла авокадо) находился на отметке в 66,4 °С, и именно при этой температуре на ТГ-кривой начинается интенсивная потеря массы образца. Для смеси лецитин – вода (лецитин 70 мас.% и воды 30 мас.%) потеря массы при повышении температуры связана с испарением воды, так как остаточная масса составляет 70 %.

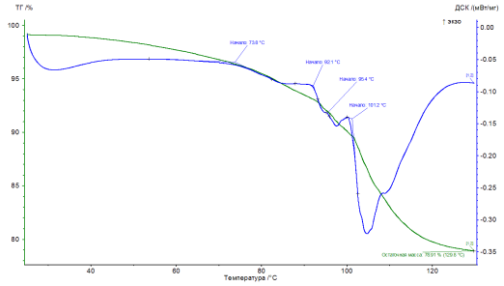


Рис. 1. ДСК-кривая и ТГ-кривая жидких кристаллов в системе лецитин – масло авокадо - эфирное масло чайного дерева – вода

По мере повышения температуры потеря массы жидких кристаллов связана с испарением воды и органических компонентов (рис.1). Делая выводы из результатов анализа смеси масел и смеси лецитина с водой, можно предположить, что первый пик на ДСК-кривой связан непосредственно с маслами, второй пик и третий пик при 92,1 °C связан с испарением свободной воды, а остальные – с испарением связанной. По результатам проведенного анализа можно сделать вывод, что отсутствует испарение каких-либо компонентов образца до 66 градусов. Это значит, что жидкие кристаллы в системе лецитин – масло авокадо - эфирное масло чайного дерева – вода устойчивы к температуре человеческого тела, даже если она повышена, и их можно транспортировать без специальных охладительных установок в жаркую погоду.

Литература

1. Мурашова Н.М., Трофимова Е.С., Юртов Е.В. Динамика научных публикаций по применению наночастиц и наноструктур для адресной доставки лекарственных веществ // Наноиндустрия. 2019. Т.12. № 1 (87), С.24-38.

2. Мурашова Н.М., Юртов Е.В. Лецитиновые органогели как перспективные функциональные наноматериалы // Российские нанотехнологии. 2015. Т.10. №7-8. С. 5-14.

3. Юртов Е.В., Мурашова Н.М. Лецитиновые органогели в углеводородном масле // Коллоидный журнал. 2003, Т.65, №1, С.124-128.

ВЛИЯНИЕ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРА НА УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ В БИОЛОГИЧЕСКОМ НАНОМАТЕРИАЛЕ

Л.П. Ичкитидзе[1,2], А.Г. Марков[2], А.Ю. Герасименко[1,2], Д.В. Телышев[1,2],

М.С. Савельев[1,2], П.Н. Василевский[1], Е.С. Давыдова[1], Е.М. Смирнова[1]

1) Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Зеленоград, Москва
ichkitidze@bms.zone

2) Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский университет)

Лазерное излучение (ЛИ) широко применяется в медицинских приложениях, и его особая эффективность реализуется при фемтосекундном лазере (ФСЛ). Совместные лазерные- и нанотехнологии позволили *in vitro* создать в матрице биологического материала из альбумина каркас из углеродных нанотрубок, что привело к существенному упрочнению и увеличению проводимости наноматериала. В настоящей работе исследуется влияние ЛИ ФСЛ на водные дисперсии композитного наноматериала в составе бычьего сывороточного альбумина (БСА - матрица) и одностенных углеродных нанотрубок (ОУНТ - наполнитель) при разной концентрации компонентов.

Исследуемый биологический наноматериал (бионаноматериал) включал в себя: БСА – фирмы "AMFESCO" (США); ОУНТ – фирмы "Carbon Chg Ltd" из Черноголовки. ОУНТ. Они были карбоксилированы, находились в форме водной пасты (2,5 мас. % ОУНТ) и *имели: диаметр ~1,5 нм, длину ≥ 1 мкм.*

Слои композитного наноматериала в составе БСА и ОУНТ (БСА/ОУНТ) приготовлены согласно маршрутной карте: инструментальная диспергация водной дисперсии ОУНТ и дисперсии в составе БСА и ОУНТ; нанесение дисперсии ОУНТ или БСА/ОУНТ на подложки; облучение слоев ФСЛ в жидком состоянии; высушивание образцов; микроскопические исследования. Подложками служили пластинки из покровного стекла – 24×24×0,15 мм. Водные дисперсии содержали: БСА/ОУНТ – 10 мас.% БСА и (0,001-0,1) мас.% ОУНТ; ОУНТ – (0,001-0,1) мас.%. ЛИ фокусировался на слои в пятно с диаметром луча ~ 1 мм. Источником *ЛИ служил ФСЛ* "Chameleon-ultra" (длина волны генерации 810 нм, мощность ~ 500 мВт/мм^2, длительность импульса 140 фс (интенсивность в импульсе ~

5 кВт/мм^2). Картинки слоев получали на конфокальном сканирующем микроскопе ZEISS LSM 880.

Типичная картина слоя в составе 10 % мас. БСА/0,001 % мас. ОУНТ после облучения ФСЛ показана на рис.1. Видны трещины (разветвленные линии), характерные для материала БСА и упорядоченное линейное расположение стяжек (агрегатов) нанотрубок на месте действия ЛИ. В области, где отсутствовало влияние ЛИ, отмечены разбросанные агрегаты ОУНТ и отсутствие их упорядоченного расположения.

Аналогичные изображения наблюдаются для слоя с 10 % мас. БСА/0,01 % мас. ОУНТ. Однако в слоях 10 % мас. БСА/0,1 % мас. ОУНТ, практически невозможно различить

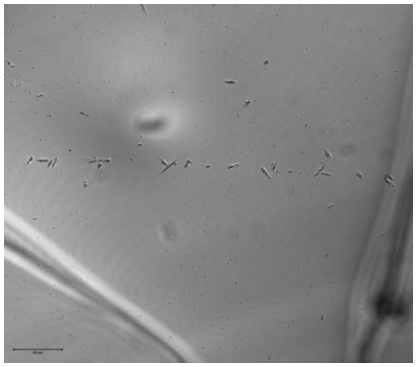


Рис.1. Расположения агрегатов ОУНТ в слои БСА/ОУНТ в области действия ЛИ. Масштаб – 50 мкм. Видно трещины, характерные для БСА материала.

изображения агрегатов нанотрубок и их структуру, полученные в случаях отсутствия ЛИ и под действием ЛИ.

Отметим, что полученный результат – упорядочивание агрегатов нанотрубок в водной дисперсии биологического наноматериала реализуется при небольшом значение интенсивности ЛИ – 5 кВт/мм^2 в импульсе. Эта величина гораздо меньше, чем порог ≥1 МВт/мм^2, при котором происходит абляция и упорядочение ОУНТ в материалах в твердом состояние. Полагаем, что предложенный нами подход упорядочивания нанотрубок будет востребован при разработке и создания датчиков различных типов, например, деформации, газов или влажности.

Авторы выражают благодарность Н.С. Стручкову и О.М. Бурдуковой за помощь в эксперименте. Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 075-03-2020-216).

МАГНИТНЫЕ ЧАСТИЦЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ РЕГИСТРАЦИИ В БИОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

Л.П. Ичкитидзе[1,2], М.В. Белодедов[3], Я.В. Резванцева[2]

1) Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», Зеленоград, Москва

2) Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский университет), Москва

3) Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва

Для всех материалов в виде частиц, имеющих микронные, субмикронные и нано- размеры, происходит существенная трансформация их магнитных параметров по сравнению с массивными образцами этих материалов. В этом случае ферромагнитный материал становится суперпарамагнетиком. В этом состоянии в расчете на один атом намагниченность, магнитный момент и магнитная анизотропия магнитных частиц (МЧ) значительно превосходят аналогичные параметры массивного материала. Поэтому МЧ часто используется как инструмент как дополнение к различным методам регистрации и выделения молекул в биологических средах, в том числе в ДНК и РНК.

Несомненно, извлечение ДНК является важной платформой в различных областях исследований, таких как биотехнология, диагностика и терапия, судебная медицина, определение отцовства, и др. Одна из современных методик основана на использования сферических МЧ с покрытием из активных веществ для экстракции ДНК и РНК. Применение МЧ позволяет существенно увеличить срок хранения образцов нуклеиновых кислот. В нашей работе исследуются методы использования магнитных частиц в биологической среде и возможности их регистрации современными датчиками магнитного поля (ДМП).

Рис.1 иллюстрирует взаимодействие внешнего магнитного поля со сферической МЧ, находящейся в биологической среде, а также с совокупностью таких МЧ (агрегат). Там же приведены основные параметры МЧ и агрегата.

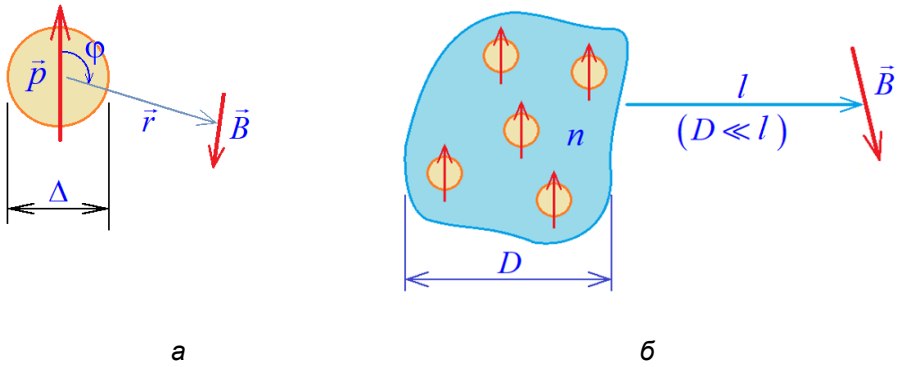


Рис.1. Сферические МЧ в биологической среде: *а* – изолированная МЧ; *б* – агрегат МЧ. Здесь приведены обозначения: Δ – диаметр МЧ, D – средний размер агрегата, $\vec{p}$ – магнитный момент МЧ, $\vec{r}$ – расстояние между МЧ и ДМП, $\vec{B}$ - индукция магнитного поля в точке, где находится ДМП, φ – угол между векторами $\vec{p}$ и $\vec{r}$, n – концентрация МЧ в агрегате, l – расстояние от агрегата до ДМП. Полагается, что внешнее магнитное поле намагничивает МЧ.

Получена оценка для максимально возможного расстояния l, обеспечивающего уверенное детектирование агрегата:

$$l \approx 0.01 \cdot D \cdot \Delta \cdot \sqrt[3]{\frac{J^* \rho n}{\delta B}}, \qquad (1)$$

где δB – пороговая магнитная чувствительность ДМП, J^* – магнитный момент приведенный на массу магнитного материала, ρ – плотность магнитного материала. Все величины даны в системе SI.

Установлено, что частицы магнетита (Fe_3O_4) с удельной намагниченностью $J^* \sim 50$ A·m^2/kg с размерами $\Delta \sim 50$ nm и с концентрацией $n \sim 10^{18}$ m^{-3} могут быть обнаружены коммерческим сверхпроводящим магнитометром (SQUID MSgreen) на расстояниях $l \leq 0.1$ m [1] . Приведенная оценка следует из (1), где учтены: $\delta B \sim 10^{-14}$ T, $D \sim 10$ μm, $\rho \sim 5 \cdot 10^3$ kg/m^3.

Таким образом, одиночные молекулы ДНК, РНК и др., (или их совокупности), прикрепленные на МЧ в небольших (~10 μm) агрегатах, могут быть неинвазивно зафиксированы современными магнитометрами и в дальнейшем выделены.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 075-03-2020-216).

1. http://www.supracon.com/en/msgreen.html

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Я.Н.Кинякина

МОУ “СОШ №35”, детский Технопарк “Кванториум”, Саранск, kinyakinayana@gmail.com

Микроорганизмы, в частности бактерии, образуют на поверхности различных материалов биопленки. Такие пленки осуществляют распространение микроорганизмов всевозможными способами, в том числе опасных и болезнетворных для человека. Даже разовые обработки дезинфицирующими средствами не приводят к полному угнетению роста микроорганизмов. По этой причине, на сегодняшний день актуально изучение новых методов борьбы с биопленками, заключающих в себе создание материалов или субстратов, устойчивых к колонизации бактериями. Поскольку клетки микробов взаимодействуют с поверхностью материала, с ней и было решено работать. В этой работе описано микробиологическое исследование поверхностей чехлов с выводами о характере распространения микробных сообществ и их количества. Кроме того, предложена идея компонента, теоретически способного предупреждать развитие биопленок.

Введение. Жизнь и деятельность человека неразрывно связаны с бактериями, играющими важнейшую роль во всех процессах на Земле. Однако, такие взаимоотношения имеют в том числе и отрицательную сторону – бактерии причиняют человеку прямой и косвенный вред: порча продуктов питания и предметов быта, а также распространение серьезных инфекционных заболеваний. На поверхности материалов колонизируют микроорганизмы, что способствует увеличению их биомассы и распространению в среде. Основным подходом к борьбе с микроорганизмами является антимикробная обработка поверхностей - дезинфекция.

Целью моего исследования является установление характера распространения микробных сообществ на тех или иных материалах и предложение компонента, полностью или частично предотвращающего образованию биопленок, в моем случае, на чехлах портативных устройств.

Материалы и методы. Для достижения цели было реализовано микробиологическое исследование: на чехлах телефонов, находящихся ранее в одинаковых условиях, провели тест на общее микробное число (ОМЧ), руководствуясь техникой взятия смывов (МУ 2657-82. п.3).

Результаты исследования фиксировали спустя сутки. Микробиологическое исследование показало следующее:

- контроль оказался чист, говоря о чистоте поставленного эксперимента.

материал, из которого изготовлен чехол	результаты посева, количество колоний
стекло	сплошной рост
кожа	сплошной рост, 9 КОЕ
пластик	единичная колония
силикон обработанный	роста нет
силикон необработанный	36 КОЕ

Анализируя результаты поставленного эксперимента, можно сделать выводы. На стеклянном и кожаном чехлах микробов было больше всего, это можно объяснить неровной поверхностью кожаного чехла и трещинами на стеклянном, в котором, скорее всего, могли поселиться споры микроскопических грибов. Обработанные силиконовые чехлы оказались самыми чистыми, вероятно из-за гладкой поверхности и состава полимера. Разница в количестве образующих колоний на обработанных и необработанных чехлах устройств говорит нам о необходимости обработки дезинфицирующими средствами поверхностей для предупреждения распространения микроорганизмов.

На основании полученных результатов и выводов предлагается создать антимикробные поверхности. Основной задачей любой такой плоскости является полное или частичное предотвращение образованию биопленок. Как правило, их создают из полимерных материалов, давая возможность комбинирования с любыми компонентами.

Создание поверхностей, обладающих свойством уничтожать микроорганизмы при прямом соприкосновении с ними, является следующей целью работы. Такая контактная активность будет возникать за счет наличия на поверхности материала особо активных составляющих, подавляющих жизнедеятельность микробов, нарушая в них жизненные циклы путем проникновения в клетку.

Разновидность контакт-активных поверхностей могут образовывать материалы с постоянным электрическим зарядом - электреты. Проще говоря, замороженное электричество внутри материала. Одним из возможных вариантов является кварц. При попадании клетки во внешнее электрическое поле, в ней возможно нарушение внутренних процессов. Напряженность электрического поля становится губительной для нее. Кроме того, известно, что относительно слабое электрическое поле может нарушать процесс закрепления клеток к поверхности. При внесении на чехол, такая электретная поверхность образует вокруг себя губительную зону и зону задержки роста нежелательных микробов. Размер зон определяется напряженностью электрического поля. Такие поверхности должны хорошо показать себя при работе на воздухе, защищая изделия от обрастания микроорганизмами.

Необходимо тщательнее проанализировать: влияние электретов на микроорганизмы и на то, как оно будет реагировать на портативные устройства; возможность рассмотрения методов нанотехнологий; с какими материалами электреты не потеряют своих свойств и то, каким образом могут быть внесены такие компоненты в полимерные материалы.

КЛОНАЛЬНОЕ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ МЯТЫ ПОЛЕВОЙ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Н.В. Лиханова[1,2] М.М. Турьева[1]

1) ГАУ ДО Республики Коми «Республиканский центр дополнительного образования», Детский технопарк «Кванториум», Сыктывкар

2) ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина», Сыктывкар, lihanad@mail.ru

Одной из причин применения способа вегетативного размножения в условиях *in vitro* является исчезновение некоторых видов дикорастущих растений, связанных с интенсивной хозяйственной деятельностью человека, загрязнением атмосферы и деградацией почвы. На сегодняшний день накоплен обширный исследовательский материал, демонстрирующий возможность микроклонирования растений, как на основе культуры изолированных меристем, так и при использовании в качестве эксплантов других органов и тканей. Возможность клонального микроразмножения мяты продемонстрирована пока для ограниченного числа видов родов *Mentha.* Имеющиеся сорта мяты Республики Коми не привлекались для подобных исследований. В этой связи целью исследования явилась разработка способа размножения мяты полевой *Méntha arvensis L.* методом *in vitro* в культуре стеблевых эксплантов через этап каллусообразования. Растение-донор *Méntha arvensis L.* произрастает в естественных условиях на территории Корткеросского района Республики Коми (61°82' с.ш., 51°43' в.д.). В качестве стеблевых эксплантов использовали сегменты стебля длиной 0.5-0.8 см. Для выделения апикальных меристем и микроклонирования мяты мы использовали среду Мурасиге-Скуга. Экспланты культивировали в специальной оборудованной комнате с кондиционированным воздухом, температурой 25±2°С, влажностью воздуха 70 %, освещенностью 5 кLx и фотопериодом 16 часов. В процессе культивирования проводили визуальный анализ морфогенеза растений.

В полученном посадочном материале с помощью апикальных меристем при визуальном наблюдении было выявлено отсутствие на питательной среде

вирусных заболеваний, «цветения» питательной среды, что говорит о том, что процесс высадки меристем в питательную среду прошел удачно. По истечению 1 месяца после высадки меристем мяты мы зафиксировали проростки, состоявший из двух листков. В наших исследованиях особый интерес вызывают количественные показатели побего- и корнеобразования при культивировании стеблевых эксплантов. При эксплантации стеблевых сегментов мяты полевой на питательную среду Мурасиге-Скуга первым видимым проявлением ответной реакции экспланта явлилась индукция каллусогенеза. Ответной реакцией на поранение, которое было произведено с обоих концов стеблевого сегмента в местах среза явилось образование каллуса на 6 сутки культивирования. Интенсивность роста каллуса оценили умеренной. Дифференциация вегетативных почек наблюдалась на 10 сутки на поверхности каллуса. На 15 сутки из образующихся почек развивались микропобеги. На 18 сутки из одного экспланта стеблевого сегмента мяты образовалось от 2 до 4 микропобегов. Образующиеся микропобеги имели нормальную морфологию без признаков дефектности окраски и витрификации. На 30 сутки из одного экспланта стеблевого сегмента мяты полевой развилось до 14 микропобегов с 3-4 парами листьев без каких-либо признаков дефектности.

Видимые признаки корнеобразования обнаруживались в культуре стеблевых сегментов на 14 сутки. Регенерация корней начиналась на 4 сутки. На 18 сутки культивирования из одного экспланта стеблевого сегмента мяты развивалось от 1 до 4 длинных корней и от 5 до 8 коротких.

Нами подтвержден процесс микроклонального размножения мяты полевой при использовании в качестве эксплантов стеблевых сегментов в один цикл. Выращивание культуры происходит с формирования укорененных микропобегов, что исключает проведение дополнительного этапа культивирования с целью индукции корнеобразования и делает разработанный процесс более технологичный с точки зрения практической реализации.

СВОЙСТВА И ЦИТОТОКСИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛИПОСОМНОГО САНГВИНАРИНА

С.В. Луценко, С.Н. Орехов, И.И. Чакалева, Н.Е. Седякина, Т.И. Громовых, Н.Б. Фельдман

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, svlutsenko57@mail.ru

Растительный алкалоид сангвинарин обладает противоопухолевой, антиангиогенной, антимикробной и противовирусной активностью. Однако максимальному проявлению терапевтического потенциала сангвинарина препятствует относительно низкая биодоступность и ряд побочных эффектов. Для увеличения биодоступности и эффективности терапевтического действия сангвинарин был введен в состав pH-чувствительных липосом путем дистанционной загрузки против градиента ацетата аммония. Максимальная эффективность включения сангвинарина в липосомы составляла 75,94±2,18%. Средний размер липосомных частиц с включенным в их состав сангвинарином составлял 107,4±3,7 нм, дзета-потенциал –12,7±1,5 мВ. В модельных экспериментах исследована динамика высвобождения сангвинарина из состава липосомного препарата, продемонстрирован пролонгированный характер высвобождения. Исследована in vitro цитотоксическая активность (ЦТА) липосомного сангвинарина в отношении опухолевых клеток линий MCF-7, HeLa и K 562. Липосомный сангвинарин проявлял дозозависимую ЦТА в отношении опухолевых клеток всех исследуемых линий; наиболее высокая ЦТА проявлялась в отношении клеток линии HeLa (IC50 3,2 мкМ). При этом ЦТА липосомного сангвинарина существенно (~2,2 раза) превышала активность свободного препарата. Проведено также сравнительное исследование липосомного и свободного сангвинарина в отношении способности к индукции апоптоза клеток HeLa. При концентрации сангвинарина 5 мкМ липосомный препарат индуцировал апоптоз у 41,96% опухолевых клеток, тогда как свободный алкалоид – лишь у 20,32%. Вероятно, что применение сангвинарина в составе pH-чувствительных липосом может способствовать его эффективному высвобождению из кислого содержимого эндосомного компартмента опухолевых клеток и проявлению токсического действия. Представленные данные позволяют рассматривать липосомный сангвинарин в качестве потенциального противоопухолевого агента.

ЭКОЛОГИЧНОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НАНОПЕРЕСТРОЙКАМИ В ДРЕВЕСИНЕ ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

А.Д. Охапкин[1], В.В. Великанов[1], Н.В. Классен[2]

1) МОУ средняя школа № 82, Черноголовка, artokh10@gmail.com

2) Институт физики твердого тела РАН, Черноголовка, klassen@issp.ac.ru

В последние годы мировые потребности в целлюлозе непрерывно возрастают. Это связано с переходом на использование целлюлозных волокон в изделиях, которые раньше изготавливались из синтетических полимеров (упаковоки, одноразовая посуда, мебель и т.д.). В отличие от синтетики отходы изделий из целлюлозы быстро утилизируются под действием естественных природных факторов и поэтому не создают экологической опасности. Но, с другой стороны, современное производство целлюлозы, основанное на отделении этих волокон от второго главного компонента древесины – лигнина – многочасовым вывариванием древесной пульпы в водных растворах серной кислоты или щелока, само по себе наносит вред окружающей среде более опасный, т.к. пары кипящих агрессивных растворов создают на несколько километров вокруг целлюлозно-бумажных комбинатов выжженную землю, а из отходов лигнина, горами скапливающихся на ЦБК, в почву и грунтовые воды просачиваются ядовитые загрязнения. Поэтому по мере расширения производства целлюлозы все более обостряется актуальность разработки его экологически чистой альтернативы. Проведенные ранее эксперименты с участием тогдашних школьниц Я.Е Салганской и Т.Д. Бетениной, а также наши опыты последнего времени показали, что под действием светового облучения и относительно слабого электрического поля (порядка 30 – 100 в/см) в водной суспензии с измельченной древесиной происходит образование оптически прозрачных микроволокон целлюлозы за счет активированного этими обработками растворения лигнина в воде. После отделения от раствора очищенной таким образом целлюлозы по мере испарения воды из раствора выделяются микрокристаллики ванилина и фенолов, на которые разлагается лигнин. Обнаруженную активацию растворения лигнина в воде под действием света и электрического поля можно объяснить двумя факторами: разрушением световыми фотонами химических связей между молекулами целлюлозы и лигнина (и внутри самих молекул лигнина), а также электрической поляризацией молекул лигнина и целлюлозы. Дело в том, что целлюлоза – сильный пьезоэлектрик, который под действием

электрического поля изменяет свои размеры и форму. Лигнин пьезоэлектриком не является, поэтому при наложении электрического поля за счет различий в деформации целлюлозы и лигнина связи между ними механически разрываются. А по причине возникновения в молекулах лигнина электрических дипольных моментов вода, дипольные моменты молекул которой аномально велики, начинает образовывать с молекулами лигнина диполь-дипольные связи. Можно предположить, что образование таких связей способно отрывать от трехмерных полимеров лигнина отдельные фрагменты, производя тем самым его растворение. Экологическая чистота такого процесса получения целлюлозы не вызывает сомнений. С другой стороны, для его широкого применения необходимо определить его экономические параметры. В этой связи большое значение имеет возможность применения солнечной энергии. Солнечное излучение способно непосредственно отделять лигнин от целлюлозы за счет фотонно-молекулярных взаимодействий. Кроме того, использование солнечных батарей позволяет генерировать электрическое поле, которое в сочетании со светом позволяет найти наиболее эффективный вариант получения целлюлозы. Важно подчеркнуть, что применение солнечной энергии дает возможность организовывать автономное получение целлюлозы непосредственно на лесных делянках. При этом можно перерабатывать не только стволы деревьев, но и ветви, которые из-за трудности доставки на ЦБК либо просто оставляются гнить, либо сжигаются. Более того, деловую древесину стволов в таком случае можно использовать для различных конструкций, а не перемалывать в пульпу для вываривания. Выделенные же из раствора кристаллики ванилина и фенола могут использоваться фармацевтике и пищевой промышленности, т.к. в этом случае они не загрязнены токсичными химическими веществами.

Сейчас мы экспериментируем с различными сочетаниями световых и электрических обработок древесной пульпы для нахождения наиболее производительного и экономичного варианта производства целлюлозы.

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ И ИХ ОКСИДОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ, РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

Полищук С.Д.[1], Чурилов Д.Г.[1], Чурилова В.В.[1], Чурилов Г.И.[2]

1) Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, svpolishuk@mail.ru, churilov.dmitry@yandex.ru, veronicka.churilova@yandex.ru

2) Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, genchurilov@yandex.ru

Разработанные методики по влиянию воздействия наночастиц на сельскохозяйственные объекты кормового и пищевого назначения были протестированы в полевых условиях [1-4] с использованием трех видов растений: яровая пшеница, кукуруза и вика под действием трех видов техногенных наночастиц: меди, кобальта и оксида цинка. Растения перед посадкой в полевых условиях были обработаны суспензиями НЧ размеров 35-60 нм в концентрациях от 0,01 г до максимального значения 1000 г на тонну семян. Было изучено накопление биологически активных наночастиц на урожайность кукурузы, пшеницы и вики как в зеленой массе, так и в семенах вики, зернах кукурузы и пшеницы.

При одноразовом воздействии на семена вики НЧ кобальта и НЧ меди, перед их посевом энергия прорастания увеличилась в среднем на 8,8%, всхожесть на 10,4%, урожайность зеленой массы относительно контроля на 26,7 и 31,2%. Кроме этого НЧ меди и кобальта повысили устойчивость растений к засухе и полеганию. Содержание каротина при действии наночастиц меди и кобальта возросло в 1,3 раза и в 2-3 раза соответственно по сравнению с контролем. Следовательно, наночастицы металлов положительно влияют на рост и развитие растений, увеличивая содержание биологически активных веществ. И даже концентрации 1000 г на гектарные нормы высева семян угнетения растений не наблюдалось, а показатели соответствовали контрольным значениям. Предпосевная обработка семян НЧ меди и кобальта 1,0 г на тонну семян способствовала увеличению в среднем в зеленой массе вики и кукурузы протеина на 40 и 47 % соответственно для меди и кобальта относительно контроля. Содержание кальция и фосфора в опытных образцах достоверно не отличалось относительно контроля.

При использовании в качестве объекта исследования оксида цинка, всхожесть семян и энергия прорастания кукурузы уменьшалась с увеличением концентрации. Семена оказались не пригодными к использованию. Энергия прорастания и всхожесть семян пшеницы уменьшалась на 28,8%, а полевая всхожесть на 24,3% по отношению к контролю. Не способствуют они и накоплению биологически активных высокомолекулярных соединений.

Однократная предпосевная обработка семян пшеницы суспензиями наночастиц Fe, Co и Cu не уменьшало количество сорняков, но повышало жизнеспособность первых всходов. Увеличились такие параметры, как плотность посадки и фотосинтетические параметры, наночастицы способствовали формированию мощного и активно работающего листового аппарата, что позволило увеличить количество накапливаемой энергии и это явилось хорошей предпосылкой для роста урожайности сельскохозяйственных культур.

Список литературы

1. Голубева, Н.И. Токсичность различных наноматериалов при обработке семян яровой пшеницы / Н.И Голубева, С.Д. Полищук // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2012.№ 4 (16). С. 21-24.

2. Полищук, С.Д. Морфологические показатели ростков риса, обработанных ультрадисперсным порошком железа. / С.Д. Полищук, И.В. Обидина, Д.Г. Чурилов, В.В. Чурилова, Г.И.Чурилов // Вестник РГАТУ. 2018. № 4 (40). С.36-41

3.Иванычева, Ю.Н., Влияние нанопорошков меди и оксида меди на активность фитогормонов в проростках вики и яровой пшеницы / Ю.Н. Иванычева, Т.В. Жеглова, С.Д. Полищук // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2012.№ 1 (13). С. 12-14.

4.Churilov, D. Size-dependent biological effects of copper nanopowders on mustard seedlings/ D Churilov, V Churilova, I Stepanova, S Polischuk, A Gusev, O Zakharova, I Arapov and G Churilov //Forestry 2019 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019 012008, IOP Publishing 392 doi:10.1088/1755-1315/392/1/012008

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ ОТДАЛЕННЫХ ТОКСИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ

Чурилов Г.И.[1], Чурилов Д.Г.[2], Полищук С.Д.[2], Чурилова В.В.[2]

1) *Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, genchurilov@yandex.ru*

2) *Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, churilov.dmitry@yandex.ru, svpolishuk@mail.ru, veronicka.churilova@yandex.ru*

Определена биологическая активность наночастиц при предпосевной обработке семян различных растений [1-6]. При изучении влияния растений после предпосевной обработки их семян НЧ железа, меди и кобальта на живой вес кроликов [2,6] были сформированы группы по 8 особей в каждой. Перед началом опыта животные были здоровы. Контрольная – в эксперименте получала в рационе траву вики, не обработанную растворами наночастиц, остальным группам в рацион была введена добавка травы вики, после предпосевной обработке семян НЧ в концентрации 10 г/т и 100 г/т. Продолжительность опыта 3 месяца. Так как особых различий в этих 6-ти группах не наблюдали, то можно их представить, как три. Результаты: — достоверное повышение живого веса крольчат (взвешивание проводили 1 раз в 10 дней) на протяжении всего эксперимента в среднем при концентрациях 10 г/т и 100 г/т на 14%: в группе (после обработки семян вики НЧ меди) на 14%, во второй (железо) в среднем на 11%, в третьей (кобальт) на 16% по относительно контроля. Такая динамика может быть связана с высоким содержанием питательных веществ в траве под действием наночастиц и за счет повышения активности ферментов и белкового обмена самих животных; — введение добавки травы вики не повлияло на потомство и воспроизводство, но изменилось время лактации.

Были определены морфологические и биохимические показатели крови [5,6]. На 10 сутки наблюдали достоверное повышение эритроцитов и гемоглобина в опытных группах на 12% - 14%; на 30-е сутки снижение гемоглобина на 14% по сравнению с контролем и снижение числа лейкоцитов, но в пределах

физиологической нормы. Наблюдался сдвиг лейкоцитарной формулы в сторону увеличения лимфоцитов, что возможно связано с повышением иммунобиологической реактивности организма. Как было показано, наночастицы металлов повышают достаточно в большом количестве (18-20%) содержание водорастворимых полисахаридов, а уроновые кислоты способствуют усилению окислительно - восстановительных процессов и потребность в кислороде тканей повышается. Возрастает в опытных группах и количество эозинофилов. Остальные морфологические показатели не отличались от контроля.

Биохимические показатели опытных кроликов, получавших в качестве подкормки траву вики, после обработки семян НЧ железа, меди и кобальта размером 35-60 нм в концентрации 100 г/т соответствовали контрольным. Для всех групп наблюдали нормальное функционирование всех органов и тканей животных. Наблюдаемое повышение аланинтрансаминазы соответствует возрастанию общего белка и приросту живого веса крольчат, особенно у крольчат 3-ей группы (НЧ кобальта), получавших траву, где повышение питательной ценности особенно высокое.

Активность АЛТ и АСТ в крови кроликов, получавших в качестве добавки вику, семена которой перед посадкой были обработаны НЧ кобальта первые 20 суток, не отличались от контрольной группы. На 30-е сутки активность АЛТ уже была выше активности АСТ в 1,8 раза и выше, чем у контрольной группы в 2 раза. Увеличение активности АЛТ у крольчат наблюдалось в период активного повышения живого веса, считаем, из-за введения добавки травы вики, содержавшей большое количество белка. Активность лактатдегидрогеназы (ЛДГ) в крови опытных кроликов достоверно возрастала в течении всего опыта. Такое наблюдается при интенсивно идущем гликолизе за счет усиления углеводного обмена в клетках. После эксперимента было проведено вскрытие, патологий внутренних органов не обнаружено, почки, легкие, сердце, печень, кишечник были в норме. Таким образом, трава вики, выращенная с использованием НЧ меди, железа и кобальта, влияет на рост живой массы кроликов и на основные показатели крови животных в пределах физиологической нормы, что связано с повышением питательной ценности корма.

Список литературы

1. Иванычева, Ю.Н. Влияние нанопорошков меди и оксида меди на активность фитогормонов в проростках вики и яровой пшеницы / Ю.Н. Иванычева, Т.В.

Жеглова, С.Д. Полищук // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2012.№ 1 (13). С. 12-14.

2. Чурилов, Г.И. Введение в рацион кроликов вики, выращенной с использованием ультрадисперсных порошков кобальта. / Г.И. Чурилов, Ю.Н. Иванычева, Л.Е. Амплеева, А.А Назарова, Т.В. Жеглова, С.Д. Полищук//Кролиководство и звероводство. 2009. № 1. С. 16-17.

3. Polishchuk, S. Perspectives of using ultra-fine metals as universal safe biostimulators to get cattle breeding quality products // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 3. Сер. "3rd International Youth Conference on Interdisciplinary Problems of Nanotechnology, Biomedicine and Nanotoxicology, Nanobiotech 2015". 2015. С. 012036.

4. Полищук, С.Д. Ветеринарно-санитарная оценка продуктов убоя цыплят-бройлеров при использовании наночастиц селена / С.Д. Полищук, Л.Е. Амплеева, А.А. Коньков // Зоотехния. – 2015. - № 8. – С. 31-32.

5. Konkov, A.A. Investigation of Nano Selenium Influence on Productivity and Hematological Exponents of Broiler Chickens/ A.A. Konkov, L.V.Ampleeva, S.D. Polishchuk, G.I.Churilov, ***//*** Modern Applied Science; Vol. 9, No. 13, S. 254-262 ; 2015

6. Амплеева, Л. Е. Физиологическое состояние кроликов при введении в рацион вики, выращенной с использованием ультрадисперсных порошков железа и кобальта: автореф. дис. на соискание уч.степени канд. биол. наук. /Л.Е. Амплеева; РГСХА. – Рязань, 2006.

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ НА КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Чурилов Д.Г.[1], Чурилова В.В.[1], Полищук С.Д.[1], Чурилов Г.И.[2]

1) *Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, churilov.dmitry@yandex.ru, veronicka.churilova@yandex.ru, svpolishuk@mail.ru,*
2) *Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, genchurilov@yandex.ru*

Изучено влияние наночастиц меди и кобальта на продукцию растениеводства, в частности вики, кукурузы и пшеницы. Определено, что при обработке семян наночастицами кобальта и меди содержание протеина в семенах вики увеличилось на 45 и 32% соответственно. При этом количество лектина в семенах вики после обработки НЧ кобальта в дозе 1,0 г/т-10,0 г/т (тонну семян) уменьшилось по отношению к контролю на 12% и к семенам обработанных НЧ меди на 5,0%. Это повышает кормовое качество растений вики, потому что лектины обладают токсическим действием на животных. Высокая активность НЧ кобальта на накопление белка по сравнению с контролем обусловлена низким содержанием кобальта в почве (1,2 мг/кг). При наличии кобальта его возможная трансформация внутрь клетки позволяет растению увеличить активность ферментов аргиназы, лецитазы, фосфатазы, альдолазы, глицилглицинпептидазы.

Выход водорастворимых полисахаридов из семян вики повысился по сравнению с необработанными НЧ для меди на 35% при 1,0 г/т и 18% при 10,0 г/т. Семена растений были округлой формы, гладкие, диаметр доходил до 0,8 мм. Перечисленные качества обеспечивают в дальнейшем в качестве посадочного материала наилучшую всхожесть и энергию прорастания семян.

В процессе полевых испытаний проводили оценку методики по определению биохимических показателей растений в интервале концентраций 0,01 - 1000 г на тонну семян. Образцы каждой культуры анализировались отдельно надземная и корневая части. Комплексное исследование влияния различных концентраций наночастиц металлов на активность трех ферментов-антиоксидантов (СОД, каталазы и пероксидазы) позволило установить: активность пероксидазы при максимальных морфофизиологических показателях высокая, активность СОД и

каталазы в исследуемых культурах достоверно снижалась в условиях максимальных морфофизиологических показателей и резко возрастала при концентрациях больше 100 г/т для наночастиц размером 35-60 нм, и выше 10 г/т при размере до 20 нм. Для наночастиц размером 35-60 нм пределом благоприятного действия служит концентрация намного выше 100 г/т, для размеров до 20 нм 10 г/т. Как и в случае морфофизиологических показателей, активность ферментов соответствуют нормальному развитию растений до концентраций 10 г/т при размерах частиц до 20 нм и до 100 г/т при 35-60 нм, далее не происходит стимуляция роста.

Наночастицы металлов кобальта, меди, как было ранее показано [1-6] биологически активные наночастицы и выступают регуляторами белоксинтезирующих клеток растений. Это приводит к росту и развитию живых систем, в частности для растений:

- при использовании наночастиц кобальта (10 г/т) урожайность кукурузы превышала контроль на 23,3%, а в случае с наночастицами меди – на 26,3 %. Урожайность листостебельной массы - контроль 241 ц/га; НЧ железа 299 ц/га (+24,1) При этом повышалось содержание жира и белка в исследуемых растениях.
- урожайность семян пшеницы яровой при применении наночастиц железа увеличилась – на 13,7%, кобальт увеличил урожайность – на 14,4% наночастицы меди на 17,0%. Сырая клейковина превышала во всех вариантах контроль по массовой доле при применении НЧ кобальта на 2,6%, а в случае с НЧ меди на 1,8%.

При обработке нанопорошками меди, железа и кобальта зеленая масса рапса возросла на 72 ц/га, 83 ц/га, 62 ц/га в зависимости от применяемого металла.

Таким образом, модель влияния нанопорошков металлов, построенная на принципах самоорганизации структур и адаптации с учётом обратной связи, может быть положена в основу создания информационной нанотехнологии управления производством сельскохозяйственной продукции.

Список литературы

1. Churilov, D. Size-dependent biological effects of copper nanopowders on mustard seedlings/ D Churilov, V Churilova, I Stepanova, S Polischuk, A Gusev, O Zakharova, I Arapov and G Churilov //Forestry 2019 IOP Conf. Series: Earth and

Environmental Science. 2019 012008, IOP Publishing 392 doi:10.1088/1755-1315/392/1/012008

2. Churilov, G. Activators of biochemical and physiological processes in plants based on fine humic acids / G. Churilov, S. Polishuk, M.Kutskir, D. Churilov, S. Borychev // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 3. Сер. "3rd International Youth Conference on Interdisciplinary Problems of Nanotechnology, Biomedicine and Nanotoxicology, Nanobiotech 2015". 2015. С. 012040.

3. Иванычева, Ю.Н. Влияние нанопорошков меди и оксида меди на активность фитогормонов в проростках вики и яровой пшеницы / Ю.Н. Иванычева, Т.В. Жеглова, С.Д. Полищук // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2012.№ 1 (13). С. 12-14.

4. Churilov, G. Bio-ecological consequences of crop seeds treatment with metal nano-powders/ G.Churilov //2015 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 98 012035

5. Полищук С.Д. Влияние нанокристаллических металлов на состав и свойства полисахаридов растений/ С.Д. Полищук, Г.И. Чурилов, Д.Г. Чурилов, М.Н. Горохова //Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2017. № 8. С. 43-47.

6. Полищук, С.Д. Морфологические показатели ростков риса, обработанных ультрадисперсным порошком железа/ С.Д. Полищук, И.В. Обидина, Д.Г.Чурилов, В.В. Чурилова, Г.И.Чурилов // Вестник РГАТУ. 2018. № 4 (40). С.36-41

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ И КОБАЛЬТА НА УСТОЙЧИВОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ BACILLUS CEREUS

Чурилова В.В.[1], Полищук С.Д.[1], Чурилов Д.Г.[1], Чурилов Г.И.[2]

1) *Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, veronicka.churilova@yandex.ru, svpolishuk@mail.ru, churilov.dmitry@yandex.ru.*
2) *Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, genchurilov@yandex.ru*

Нами изучена возможность создания нанобиологических препаратов с совместным присутствием наночастиц и бактерий. Разработаны условия жизнеспособности бактерий в среде, содержащей наночастицы меди и кобальта с определенными физико-химическими характеристиками, проявляющими высокую биологическую активность и степень защиты растений[1-5]. Доказано, что наночастицы размером 30-60 нм с добавлением 108 КОЕ/ см3 усиливают активность микрофлоры почвы и усиливают рост и развитие растений, в частности огурца.

Наночастицы способны изменять микробиологическую и ферментативную активность почв, взаимодействуя с живыми организмами в этой среде. В ходе исследования была выявлена способность бактерии Bacillus subtilis усиливать и стабилизировать биохимический эффект наночастиц в период прорастания семян, что представляет практический интерес. Одним из наиболее важных аспектов Bacillus cereus является его повсеместное распространение и способность выживать в самых разных условиях.

В качестве контроля использовали суспензии культуры в дистиллированной воде, в концентрации 1 ед. По Макфарленду, что соответствует 3 × 107 КОЕ / см^3. Далее смешивая данную суспензию с 1мл воды, получали концентрации суспензии 5 × 106КОЕ / см3 и т.д. Для эксперимента смешивали суспензии 3 × 108 КОЕ / см3 B. Cereus 1,0 см3 с растворами НЧ меди и кобальта в концентрациях 0,1 г / мл, 1 г / мл и 10 г / мл, 100 г / мл, размером 40-60 нм и 20 нм. Подсчетом по стандартной таблице подсчитывали количество клеток B cereus.

Негативный эффект в отношении бактерий B. cereus уже проявлялся при концентрации наночастиц 1 г / мл для НЧ размером до 20 нм, размером 40-60 нм он только начинает проявляться при 10,0 г / мл: содержание B. cereus с НЧ Cu 1×104 КОЕ / см3, с НЧ Co 1×105 КОЕ / см^3 за этим следует нелинейное изменение токсичности наночастиц. Безопасные концентрации наночастиц меди и кобальта для бактерий в водной среде лежат в пределах концентраций, соответствующих не более 10 г /т семян. Микроорганизмы не опасны для человека, согласно СП 1.3.2322-08, они относятся к группам патогенности III - IV.

Был проведен лабораторный эксперимент по изучению влияния кобальта и бактерий Bacillus cereus на семена культивируемого огурца Новинка. Присутствие тест-объекта Bacillus cereus значительно повышало метрические параметры проростков огурца, при концентрации кобальта 0,1 г /т семян: высота надземных проростков огурца увеличивалась на 31% выше, чем в контроле, и на 27% выше, чем в отсутствие Bacillus cereus. Длина подземной части при той же концентрации кобальта увеличилась на 30% выше контрольной и на 17% выше, чем в отсутствие Bacillus cereus. Масса надземной части проростков при концентрации кобальта 0,1 г/т была на 29% выше контрольной, подземной части на 64% (0,1 г /т). Эти изменения намного выше, чем при отсутствии Bacillus cereus в среде на 16% и 64% соответственно. Наиболее значимые показатели в тепличных условиях наблюдали под действием суспензии наночастиц кобальта в концентрации 0,1 г /т с добавлением 0,01 см3 суспензии 3 × 106 КОЕ / см3 B. cereus на 1 литр суспензии. Повышение урожайности огурца составило 20% при значительном сокращении использования химикатов. Препараты, содержащие штаммы Bacillus subtilis, проявляют стимулирующий эффект роста растений и повышают их иммунитет. Кроме того, выделяя антибиотики, они уничтожают болезнетворные микроорганизмы, защищая почву и предотвращая действие возбудителей некоторых заболеваний. Опыты продолжаются.

Список литературы

7. Churilov G.I. Agro ecological grounding for the application of metal nanopowders in agriculture. / G.I.Churilov, S.D. Polischuk, D.G. Churilov, D. Kuznetsov, S.N. Borychev, N.V. Byshov // International Journal of Nanotechnology. 2018. Т. 15. № 4-5. С. 258-279.

8. Churilov G. Activators of biochemical and physiological processes in plants based on fine humic acids / G. Churilov, S. Polishuk, M.Kutskir, D. Churilov, S. Borychev // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 3. Сер. "3rd International Youth Conference on Interdisciplinary Problems of Nanotechnology, Biomedicine and Nanotoxicology, Nanobiotech 2015". 2015. С. 012040.

9. Polischuk S The stimulating effect of nanoparticle suspensions on seeds and seedlings of Scotch pine (Pínus sylvéstris) /S Polischuk, G Fadkin, D Churilov, V Churilova, G. Churilov// 2019 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 226

10. Иванычева Ю.Н. Влияние нанопорошков меди и оксида меди на активность фитогормонов в проростках вики и яровой пшеницы / Ю.Н. Иванычева, Т.В. Жеглова, С.Д. Полищук // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2012.№ 1 (13). С. 12-14.

11. Чурилова В.В. Влияние наночастиц кобальта на штамм bacillus cereus для применения в овощеводстве / В.В. Чурилова, С.Д. Полищук, Д.Г. Чурилов, А.А. Назарова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2017. № 2 (34). С. 130-133.

НАНО- И МИКРО- ПРЕВРАЩЕНИЯ ВОЛОКОН ПАУТИНЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Ф.С. Щербинин[1], И.С. Цебрук[2] , Н.В. Классен[2]

1) ГБОУ Московской обл., Физ.- мат. лицей, Сергиев Посад, cebruk@issp.ac.ru

2) Институт физики твердого тела РАН, Черноголовка, klassen@issp.ac.ru

Актуальность данной темы определяется уникальными свойствами паутины (ее удельная прочность выше, чем у стали), слабой изученностью механизмов формирования этих свойств и нереализованной пока потребностью их практического использования. Основной материал волокон паутины – белки спидроины, близкие по аминокислотному составу к фиброинам, которые формируют волокна шелкопряда. Преобладают в спидроинах аминокислоты аланина (25%) и глицина (40%). Аланин образует кристаллические части волокон, формирующие их прочность, а глицин – аморфные, ответственные за эластичность. Для изучения поведения волокон паутины в электрическом поле они закреплялись на двух полосковых электродах из алюминиевой фольги, размещенных на предметном стекле оптического бинокулярного микроскопа. К Процесс изменений, вызванных в микроструктуре волокон при наложении постоянного или переменного электрического поля, регистрировался видеокамерой, установленной в одном из окуляров. В экспериментах межэлектродное пространство было сухим либо заполнялось дистилированной водой или водным раствором медного купороса. В экспериментах были обнаружены высокие электромеханическая и электрохимическая активности паутины. При подключении электрического поля к концам волокон их поначалу разреженный пучок сжимался в плотный жгут в плотный пучок, а при отключении опять расходился. В дистилированной воде при наложении разности потенциалов в 30 вольт паутина растворялась. После высыхания воды на месте раствора образовывались анизотропные кристаллики, образованные предположительно паутинными белками. Если межэлектронное пространство заполнялось не водой, а насыщенным водным раствором медного купороса (сульфата меди), волокна паутины при включении электрического поля не растворялись, но вокруг них вырастали оптически анизотропные микрокристаллы. А когда раствор медного купороса не заливался между электродами, а помещался в виде капли на один из них, то при включении электрического поля конец паутинного пучка, прилегающий к электроду с купоросом, постепенно приобретал голубоватую окраску. Эти

электромеханические и электрохимические явления можно объяснить поляризацией волокон в электрическом поле. Вода, состоящая из сильно полярных молекул, не растворяет неполярные вещества, но начинает их растворять, когда они электрически поляризуется. В растворе медного купороса волокна не растворяются, но за счет поляризации притягивают к себе заряженные компоненты сульфата меди с образованием микрокристаллов. Появление голубоватой окраски волокон у электрода с нанесенной на него каплей купороса свидетельствует об элеткромиграции химических компонентов вдоль волокон. Кроме голубой окраски было обнаружено постепенное распространение красноватых микропроволочек вдоль осей волокон, что можно объяснить образованием и перемещением кластеров меди по внутренним областям микроволокон. Но важно отметить, что направление перемещения идет не к отрицательному электроду, как должно бы происходить при обычной электромиграции положительных ионов меди, а к положительному. Такую необычность можно объяснить тем, что сначала внешние стороны волокон обрастают отрицательными ионами SO_4 за счет высокой химической активности серы. Чем ближе к положительному электроду, тем отрицательных ионов нарастает больше. А после этого происходит более медленный процесс миграции ионов меди, которые в первую очередь чувствуют не отталкивающее их поле положительного электрода, а отрицательные заряды ближе расположенных ионов с серой. Но когда эти красные микропроволочки достигают приэлектродной зоны и начинают накапливаться там, в определенный момент происходит взрывоподобное распыление сгустка меди. Это, вероятно, обусловлено превышением накопленных сил кулоновского отталкивания над силами химических связей, втягивающих ионы меди внутрь волокна.

В дальнейшем планируется применить обнаруженные процессы к формированию искусственных волокон паутины и композиций на их основе.

Организация науки и образования в сфере нанотехнологий

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА «НАНОТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ»

Н.В. Семакина

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, Ижевск, nadezhda_semakina@mail.ru

В Ижевском государственном техническом университете имени М.Т. Калашникова с сентября 2019 года начата подготовка магистров по программе «Нанотехнологии в электрохимическом производстве» по очно-заочной форме обучения [1].

Необходимость разработки и реализации новой магистерской программы была обусловлена потребностями высокотехнологичных предприятий региона в высококвалифицированных кадрах химико-технологического профиля.

В настоящее время в Удмуртской республике активно развиваются машиностроение, приборостроение, металлообработка, чёрная металлургия, тесно связанные с химическим производством. Электрохимические, лакокрасочные и подобные производства немыслимы без участия химиков с технологическим образованием и, следовательно, их подготовки. Однако, В Удмуртской республике подготовка химиков-технологов, инженеров не проводится [2, 3]. В этой связи ведущие предприятия республики: ОАО «НИТИ «Прогресс», АО «Сарапульский электрогенераторный завод», ОАО «Элеконд», АО «Ижевский электромеханический завод «Купол» [4-7], АО «Воткинский завод» и др. испытывают острый дефицит кадров необходимой квалификации. Специалистов такого профиля предприятиям приходится искать и приглашать в республику.

Для решения данной проблемы в ИжГТУ имени М.Т.Калашникова совместно с предприятиями региона, а также Центром компетенций по технологиям новых и мобильных источников энергии (Институт проблем химической физики РАН, г. Черноголовка) разработана программа развития химико-технологического направления в Удмуртской республике. В рамках реализации данной программы на сегодняшний день осуществлены следующие мероприятия.

Подписан договор о взаимодействии ИжГТУ имени М.Т. Калашникова и ИПХФ РАН в сфере науки и образования.

Подписаны договора о взаимодействии университета с организациями-заказчиками кадров, крупнейшими предприятиями республики.

Подписано соглашение об организации и прохождении практики студентов вуза на базе ИПХФ РАН.

Разработан и согласован с ИПХФ РАН и предприятиями-партнерами учебный план магистерской программы для подготовки химиков-технологов.

В часть учебного плана, формируемую участниками образовательных отношений, вошли такие дисциплины, как «Теоретическая электрохимия», «Основы электрохимической технологии», «Электрохимические источники энергии», «Инструментальные методы электрохимического анализа», «Избранные главы физической химии», «Физика твердого тела», «Физические методы аттестации материалов для химических источников тока» и др.

Определены преподаватели от ИПХФ РАН и ИжГТУ имени М.Т. Калашникова для преподавания данных дисциплин.

Развитие материально-технического и учебно-методического [8-10] обеспечения образовательного процесса. Реализация учебного процесса и научно-исследовательских работ на учебно-лабораторной базе, совместно создаваемой университетом и ИПХФ РАН.

Литература

1. Семакина Н.В. Стратегия развития химического образования в ИжГТУ имени М.Т. Калашникова // Химия – XXI век: сборник научных трудов Региональной конференции по фундаментальной и прикладной химии (Ижевск, 9-11 декабря 2019 г.), электронное научное издание / отв. за выпуск И.С. Черепанов; Удмуртский государственный университет. Ижевск, 2019. С. 154-155.

2. Семакина Н.В., Кодолов В.И. Проблемы развития образования в области нанохимии и нанометаллургии в РФ // Технические университеты: интеграция с

европейскими и мировыми системами образования: материалы Межд. конф. В 3 т. Т.1. ИжГТУ, 2012. С. 476-479.

3. Семакина Н.В., Кодолов В.И., Плетнев М.А. Проблемы подготовки высококвалифицированных кадров для наноиндустрии в Удмуртской Республике // *Вестник Удмуртского Университета (серия Физика. Химия).* 2012. Вып. 2.С. 3-9.

4. Semakina N.V., Kodolov V.I. Development of nanoeducation through consortium «Scientific Educational Center – University – Enterprise» // *Polymers Research Journal*. 2011. Vol. 5, No. 2, pp. 215-223.

5. Семакина Н.В., Кодолов В.И. Подготовка кадров для наноиндустрии в Удмуртской Республике // Материалы LI межд. научн.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству» / под ред. д.т.н., проф. Н.С. Сергеева. Челябинск: ЧГАА, 2012. Ч. V. С. 230-235.

6. Семакина Н.В., Кодолов В.И., Плетнев М.А. Нанообразование в рамках консорциума «НОЦ химической физики и мезоскопии УрО РАН – Ижевский технический университет – НИЦ ОАО «Ижевский электромеханический завод КУПОЛ» под эгидой АНО РЦН Удмуртской Республики // *Вестник Ижевского государственного технического университета*. 2011. № 4(52). С. 200-204.

7. Semakina N.V., Kodolov V.I. Development of Nanoeducation through Consortium: Scientific Educational Center – University – Enterprise // *Journal of Characterization and Development of Novel Materials*, 2013. Vol.5, No. 2, pp. 87-95.

8. Семакина Н.В., Кодолов В.И. Опыт методических разработок в нанообразовании при переподготовке кадров на предприятии // От наноструктур, наноматериалов и нанотехнологий к наноиндустрии: тез. докл. Пятой междунар. конф. / под общ. ред. проф. В.И. Кодолова. Ижевск: Изд-во ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2015. С. 180-182.

9. Семакина Н.В. Дистанционный курс «Основы электрохимии применительно к накопителям энергии» // Материалы LV международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству» / под ред. проф., д-ра с.-х. наук М. Ф. Юдина. Челябинск: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016.Ч. IV. С. 63-70.

10. Семакина Н.В. Опыт создания современных образовательных ресурсов для переподготовки кадров на предприятии // VII Конференция Нанотехнологического Общества России: тез. докл. VII ежегодной конф. НОР, 2 марта 2016 г., Москва. М.: ООО «НОР», 2016. С. 185-188.

Гуманитарные, социальные и философские аспекты современных нанотехнологий

СИММЕТРИЯ ВО ВРЕМЕНИ

Лончакова О.В.

Чита, la-chita@mail.ru

При А-дифференцировании социально-экономических явлений важное значение занимает оценка пространственно-временного интеллектуального управления системами. Но, устойчивая градация глобализирующей структуры невозможна без оценки состояния «действительного времени» (Драйв_t^n), которое в статье рассматривается сегментарно, с позиций периодичности, симметрии ритмов энергетических процессов, определяемых постоянством закона сохранения энергии.

Симметрия во времени, как род цикличности *«Биострома»* (C_b) (вид Дага *«Общность»* [слово «Да», с твердым звучанием (Бельченков Г., Веб-Академии, Москва)]) - четвертой живой оболочки Земли, образует естественность процессов, способность к растеканию жизни. Наложение на C_b элементов - Драйв_t^{ch} (человеческого интеллекта), Драйв_t^{ii} (искусственного интеллекта) позволяет: рассмотреть направление пространственно-временной симметрии для коммутации порядков общепланетарного интеллекта; расширить рамочные условия жизни, как среды изменения конфигурации, моделируя в структуре функциональной зависимости М-волна по времени.

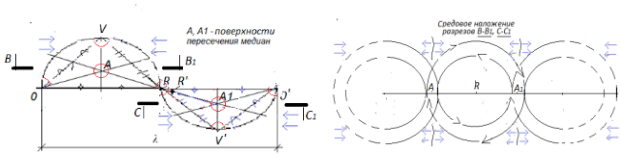


Рис. 6. Поверхность средовых разрезов волны B-B1, C-C1

Структура Дага в состоянии «М-волна» по принципу подобия определяет обобщенный тип поляризации симметрии для Драйв_t^n (Рис. 1), как: нормальный - сжатие активного объема, образование фронта прямого и обратного давления; 2) радиальный: а) обобщенная поверхность *YOZ*; б) наложение торовых разрезов, в эклиптике сброса силы {|A| → |A^{I}|}. Сохранение эклиптики для поверхностей |A|, |A^{I}| предполагает, что зона высоты совокупности, в которой выходящий вес (*P*) с

окрестностью в |A|, сообщается с окрестностью |A'|, будет меньше или равен подъемной силе волны по сочетанию признаков (P_h): $P \leq P_h$ (*).

Характеристики событий типа Драйв_t^n

1. Весовое состояние (*),
2. Парное взаимно компенсирующее действие: $\text{Драйв}_t^n - \text{Драйв}_t^{\text{m}} = \text{Драйв}_t^{n-m}$,
3. Кольцевой ритм сброса силы, влияет на длину растекания жизни события,
4. Энергетическое наполнение действительного времени: $\text{Драйв}_t^{\text{b}} = \text{Драйв}_t^{\text{ch}} + \text{Драйв}_t^{ii}$ (закон сохранения энергии).

Драйв_t^n важен для заполнения в Биостроме интеллектуальной технологичной среды «включение - выключение»: *«человеческий интеллект» и (или) «искусственный интеллект.* Локализация $\text{Драйв}_t^{\text{n}}$ определяется в поле модульности *($\hat{A}$)* по трем моментам целостности власти[1]: а) соответствие закона (протоколов) к проектной среде управления *($\hat{A}_1$)*; б) совещания *($\hat{A}_2$)*; 3) окончательное решение или самоопределение «к которому все остальное возвращается и от которого оно берет начало своей действительности *($\hat{A}_3$). $\hat{A}=\hat{A}_1$, $\hat{A}_2$, $\hat{A}_3$.*

Таблица 1. Модуль целостности

№	Момент целостности власти в среде Драйв_t^n	Ресурсное участие $\text{Драйв}_t^{\text{ch}}$	Ресурсное участие Драйв_t^{ii}
1	Соответствие закона (протоколов) к формируемой проектной среде управления	+	+
2	Совещания	+	вспомогательная функция
3	Самоопределение	+	вспомогательная функция

Т.О. поле развития модульности действительного времени по трем моментам целостности власти *($\hat{A}$)* для ресурсного труда $\text{Драйв}_t^{\text{ch}}$ к ресурсному труду Драйв_t^{ii} наиболее безопасно соотносится, как шесть к одному: $\frac{\text{Драйв}_t^{\text{ch}}}{\text{Драйв}_t^{ii}} = \frac{1}{6}$. При двух вариантах ресурсного участия $\text{Драйв}_t^{\text{ch}}, \text{Драйв}_t^{ii}$ *(r=2)* в трех моментах целостности

[1] Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 1. С. 240.

власти в $\text{Драйв}_{\text{t}}^{n}$ *(r=3)* определяем способность системы к модуляции событий в поле *Â*. $\widehat{\text{A}} = \frac{(n+r-1)!}{r!(n-1)!} = \frac{(2+3-1)!}{3!(2-1)!} = \frac{4!}{3!1!} = \frac{1\times2\times3\times4}{1\times2\times3} = 4.$

Интересно, что при *n=1*, например $\text{Драйв}_{\text{t}}^{\text{ch}}$ или $\text{Драйв}_{\text{t}}^{ii}$ модуляция не наблюдается, что указывает на невозможность существования такой структуры. Наиболее продуктивно оценивать три варианта ресурсного участия: $\text{Драйв}_{\text{t}}^{\text{ch}}$, $\text{Драйв}_{\text{t}}^{ii}$, $\text{Драйв}_{\text{t}}^{b}$. Во взаимодействии моментов целостности власти с четвертой живой оболочкой Земли способность к коммуникации системы изменится до *24.*

КЛЮЧЕВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СОЦИАЛЬНЫХ ГРУПП ДЛЯ АНАЛИЗА ЭВОЛЮЦИИ ИДЕЙ

Андреюк Д.С.

Экономический факультет, МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва,

denis.s.andreyuk@yandex.ru

Нейроэволюционный подход предлагает рассматривать человеческие сообщества в качестве функциональных единиц, выступающих главными субъектами эволюционных процессов [1]. Для анализа того, как изменяются сообщества на шкале сотен и тысяч поколений целесообразно использовать симуляционное моделирование, с учетом следующих двух ограничений: логика происходящего на уровне макро-сообществ – цивилизаций – должна базироваться на элементарных взаимодействиях людей в малых группах, которые зависят только от природы человека и от заданных начальных условий; количество переменных должно быть сведено к минимуму для минимизации вычислительной мощности, которая потребуется для симуляции сообществ из миллиардов людей на протяжении тысячи поколений [2].

На уровне отдельных индивидуумов предлагается использовать 6 параметров, 3 из которых моделируют врожденные характеристики, а 3 других – приобретенные в ходе социализации параметры идентичности. Врожденными мы предлагаем считать распределенные нормально случайные величины на условных шкалах «агрессивность», «интеллект» и «социальность». Их значения задаются при рождении и с течением жизни не меняются. В качестве идентичностей мы предлагаем следующие категории: «Культура/религия/базовые ценности», «Профессия» и «Язык». Первая и последняя характеристики – вектора в пространстве, «профессия» - это положение на некоей древовидной структуре, отражающей общую структуру профессий на данном этапе развития цивилизации (по мере развития цивилизации дерево профессий усложняется). Сонаправленность векторов культуры, языка, близкое взаимное расположение на дереве профессий, не слишком высокий уровень агрессивности и высокий уровень социальности – это все критерии, благоприятствующие формированию социальной связи между двумя индивидуумами.

Плотность и сила связей – это критерий, который позволяет очерчивать границы группы: плотность произведения количества связей на их силу между членами группы существенно выше, чем для данных индивидуумов за пределами группы. Двигая величину порового значения плотности, можно произвольно выделять группы необходимого размера. Например, все граждане страны, говорящие на одном языке только по этому критерию имеют между собой связи – все со всеми. Однако, эти связи очень слабые. Члены одной семьи имеют очень сильные связи между собой.

Модель рассчитывает параметры связей в каждом новом цикле, а также, как зависимые от структуры групп переменные - некий условный продукт, производимый сообществом и его распределение, пропорциональное параметру социального статуса, который приписывается индивидууму и пересматривается в каждом цикле в зависимости от результатов взаимодействия между группами разного уровня.

На микроуровне, при анализе взаимодействия небольших сообществ на протяжении нескольких поколений модель, построенная на описанных принципах может быть полезна для анализа группового взаимодействия в крупных научных и научно-производственных проектах, в том числе в сфере нанотехнологий.

Литература

1. Андреюк Д. С. Методологические основания для инженерии кооперативного взаимодействия в научных проектах // Науковедческие исследования, 2019: Сб. науч. тр. — Методологические проблемы развития науки и техники. — РАН. ИНИОН. Центр науч.-информ. исслед. по науке, образованию и технологиям Москва, 2019. — С. 47–67.

2. Andreyuk D., Shuranova A. Modelling Social Bonds Dynamics in Groups: an Approach to Optimise Interdisciplinary Science Projects and to Analyse Long-term Social Evolution // IJNT, 2021 in press.

ДЛЯ ЗАМЕТОК