Сборник тезисов
X ежегодной конференции
Нанотехнологического общества России

Научное издание

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

Научный редактор д.т.н. Быков В.А.

ISBN 978-5-9500377-5-7

9 785950 037757

ФОНД ИНФРАСТРУКТУРНЫХ
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
ПРОГРАММ
Группа РОСНАНО

Москва, 2019

X Ежегодная Юбилейная Конференция Нанотехнологического общества России

26-28 марта 2019

Генеральный партнер

Фонд инфраструктурных и образовательных программ группа РОСНАНО

Участникам X Конференции Нанотехнологического общества России

Уважаемые коллеги,

рад приветствовать вас от имени Фонда инфраструктурных и образовательных программ на юбилейной X 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

Оглавление

Наноструктурированные металлы и сплавы 8

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ1-0, ПОДВЕРГНУТОГО ВОЗДЕЙСТВИЮ ТОКОВЫХ ИМПУЛЬСОВ ПРИ МНОГОЦИКЛОВОЙ УСТАЛОСТИ 9

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ ДОЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКЕ 11

ХИМИЧЕСКОЕ ПОЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ С ПОМОЩЬЮ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СРЕД 13

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ГОМОГЕНИЗАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВЫСОКОМАГНИЕВЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С ДОБАВКАМИ ПЕРЕХОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ 15

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ 16

Нанотехнологии в ТЭК 17

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ Fe3O4 НА СОРБЦИЮ НЕФТЕПРОДУКТОВ ВЫСОКОПОРИСТЫМИ КОМПОЗИЦИОННЫМИ НАНОМАТЕРИАЛАМИ 18

КРИОЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ НАНОЧАСТИЦ В ЭМУЛЬСИЯХ 20

СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ КРЕМНИЯ И АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ВОДОРОДА 21

Наноструктурированные покрытия 23

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ УЗЛОВ ТРЕНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕРПЕНТИНОВЫХ ТРИБОПРЕПАРАТОВ 24

ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО ПЛАЗМЕННОГО ОСАЖДЕНИЯ 25

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЧАСТИЦ И ПЛЕНОК УГЛЕРОДА С МЕТАЛЛАМИ В КОМПЛЕКСНОЙ ПЛАЗМЕ 26

АНТИОБЛЕДЕНИТЕЛЬНЫЕ И ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ ФТОРСОЕДИНЕНИЙ И ПОКРЫТИЙ 29

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КАССЕТ И КАРТРИДЖЕЙ ДЛЯ ПРОДУКЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ 30

СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ ZnO-Ag 32

Технологии и явления наноразмерных объектов 33

ЭЛЕКТРОАДГЕЗИЯ - ИТОГ (открытие, развитие, перспективы) 34

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ НАНОФОТОНИКИ 37

НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД ДЛЯ МЕХАНИЗМА АКТИВАЦИИ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДНОГО ЯДЕРНОГО СИНТЕЗА 39

ИНВЕРТИРОВАННЫЕ ОПАЛЫ ОКСИДА ЦИНКА....41

ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ ОКСИДА КРЕМНИЯ ДОПИРОВАНЫХ ФТОРОМ И ЧАСТИЦАМИ ЗОЛОТА ИМПУЛЬСНЫМ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ 41

ИМПУЛЬСНЫЙ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ОКСИДА ТИТАНА....42

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ НАНО И МИКРО- МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ МЕТОДОМ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ....44

ИЗУЧЕНИЕ ПРОДУКТОВ ОСАЖДЕНИЯ ИЗ ПЛАЗМЫ ИМПУЛЬСНОЙ ВАКУУМНОЙ ДУГИ....45

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСТРАГЕНТ-СОДЕРЖАЩИХ МИКРОЭМУЛЬСИЙ ДЛЯ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЦИНКА ИЗ ОКСИДНОГО СЫРЬЯ 47

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКАЯ ДЕГРАДАЦИЯ РОДАМИНА-В ПОД ДЕЙСТВИЕМ НАНОЧАСТИЦ ZnO 47

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА МОРФОЛОГИЮ НАНОРАЗМЕРНОГО ПОРОШКА ОКСИДА ЦИНКА....49

ПОЛУЧЕНИЕ СТАБИЛЬНЫХ ДИСПЕРСИЙ НАНОЧАСТИЦ ЗЕИНА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАПСУЛИРОВАНИИ 50

ПРИМЕНЕНИЕ ЭМУЛЬСИЙ ДЛЯ КАПСУЛИРОВАНИЯ АКТИВНЫХ РЕАГЕНТОВ....52

ФОРМИРОВАНИЕ ДЕПОЗИТА В ДУГОВОМ РАЗРЯДЕ ПРИ СИНТЕЗЕ ЭНДОФУЛЛЕРЕНОВ....53

НАНОСТРУКТУРНЫЕ ПРОДУКТЫ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ПРИ ОКИСЛЕНИИ МИКРОННОГО ПОРОШКА АЛЮМИНИЯ ВОДОЙ В УЛЬРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ....55

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА. ИЗМЕРЕНИЕ ВЯЗКОСТИ. ИЗМЕРЕНИЯ В НЕПРОЗРАЧНЫХ ОБРАЗЦАХ 56

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ КВАНТОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НАКОПЛЕНИЯ, ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ТРАНСПОРТА ЭНЕРГИИ В НАНОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ 58

Нанотехнологии в микроэлектронике и приборостроении 60

МЕТРОЛОГИЯ АТОМАРНОГО И НАНОМЕТРОВОГО МАСШТАБА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ ТЕХНИКИ....61

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОГО КОНТАКТИРОВАНИЯ СВЕРХБОЛЬШИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ С ТЕСТОВЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ 68

МЕТОДИКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТ ОТКАЗОВ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ СБИС НА ЭТАПЕ ЕЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ....69

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ВЛИЯНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЕРХБОЛЬШИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ....71

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РЕЗИСТИВНОГО СЛОЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МЕМРИСТОРНЫХ СТРУКТУР 73

«УМНАЯ ПАМЯТЬ НА МЕМРИСТОРНЫХ СТРУКТУРАХ ДЛЯ «ТУМАННЫХ» ВЫЧИСЛЕНИЯ И «ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ»....74

ИЗМЕРЕНИЕ СМЕЩЕНИЯ В НАНОДИАПАЗОНЕ 76

ПРИМЕНЕНИЕ СКАНИРУЮЩЕГО НАНОТВЕРДОМЕРА «НАНОСКАН-2D» ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРУКТУРНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ 77

ПРИНЦИП РАБОТЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВХОДНОГО БЛОКА НЕЙРОПРОЦЕССОРА НА ОСНОВЕ ЛОГИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ 78

Нанокомпозитные полимеры 81

НАНОСТРУКТУРА ОРГАНО-НЕОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ 82

ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРНЫХ АДСОРБЦИОННЫХ СЛОЕВ НА ПОВЕРХНОСТИ ГИДРОФИЛЬНЫХ И ГИДРОФОБНЫХ НАНОЧАСТИЦ 83

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ 85

МЕТОД КОЛИЧЕСТВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ЖИДКИХ И ТВЁРДЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СРЕДАХ 85

Нанотехнологии в строительстве 88

ВОДОПОТРЕБНОСТЬ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ФИБРОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ 89

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ МЕХАНИЗМОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ 91

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ПРИМЕРЕ КОНСТРУИРОВАНИЯ КРОНШТЕЙНОВ И ДРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ УДЕРЖАНИЯ ПРЕДМЕТОВ 93

Нанобиотехнологии 94

ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ТИТАНА В СОСТАВЕ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ Е171 95

РАЗРАБОТКА РАНОЗАЖИВЛЯЮЩЕГО СРЕДСТВА НА ОСНОВЕ ЛИОТРОПНЫХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ ЛЕЦИТИНА 97

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОСЕЛЕНА НА ПАТОМОРФОЗ МАСТОПАТИИ 99

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА 101

ЭФФЕКТ МАЛЫХ ДОЗ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ РАЗМЕРОВ 103

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ НАНОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ОВОЩЕВОДСТВА ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА 105

ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА 107

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАМАЛЫХ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА НА КЛЕТКИ ПЕЧЕНИ И СПЕРМАТОГЕННОГО ЭПИТЕЛИЯ У МУТАНТНЫХ МЫШЕЙ ЛИНИИ 129 109

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА РОСТ РАСТЕНИЙ 111

ПЛЕНКИ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С ЛИПИДНЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ САНГВИНАРИНА КАК ОСНОВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ АНТИМИКРОБНЫХ ПОКРОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ 113

КАПСУЛЫ НА ОСНОВЕ ЭМУЛЬСИЙ ПИКЕРИНГА, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ НАНОАЛМАЗАМИ ИЛИ ИХ ГЕТЕРОАГРЕГАТАМИ С НАНОЧАСТИЦАМИ SiO2 114

ЛИОТРОПНЫЕ ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ ЛЕЦИТИНА С НАНОЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА 116

ПОЛУЧЕНИЕ И СТАБИЛИЗАЦИЯ НАНОЭМУЛЬСИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ЛЬНЯНОЕ МАСЛО 118

РАЗРАБОТКА НАНОБИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БЛОКЧЕЙН-ПРИЛОЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ OLAP-ТЕХНОЛОГИЙ ОПЕРАТИВНОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ СТЕГАНОГРАФИИ ДЛЯ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ 120

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИТОВ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С НАНОЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА И ВИТАМИНАМИ 121

Организация науки и образования в сфере нанотехнологий 123

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ РОСНАНО 124

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ НАНОИНДУСТРИИ 126

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ПО РЕГИСТРАЦИИ ПРАВ НА ОБЪЕКТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ В СФЕРЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ РАБОТЫ МЕЖДУНАРОДНОГО РОССИЙСКО-ЮЖНОКОРЕЙСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА НЕПРЕРЫВНОГО КРЕАТИВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ 129

Коммерциализация нанотехнологий и внедрение в промышленное производство 130

ПРИМЕНЕНИЕ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИХ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И ПОСТАВЩИКОВ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ НА БАЗЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОЙ OLTP-СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОЙ ОБРАБОТКИ ТРАНЗАКЦИЙ 131

Гуманитарные, социальные и философские аспекты современных нанотехнологий 132

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ: АНАЛИЗ ФЕДЕРАЛЬНОЙ И РЕГИОНАЛЬНЫХ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ БАЗ В СФЕРЕ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИНВЕСТИЦИЙ 133

«ДОРОЖНАЯ КАРТА» ЕДИНСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 134

СПИНТРОНИКА И МАГНЕТОН БОРА. УЧЕТ УПРУГОГО ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ТЕПЛОВОЙ ЗАДАЧИ ТРЕНИЯ 138

ОРГАНИЗАЦИЯ СЛОЖНЫХ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОЭВОЛЮЦИОННОГО ПОДХОДА 140

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛНОГЕНОМНЫХ СКОРОВ ОЦЕНКИ МУЛЬТИФАКТОРНЫХ ПРИЗНАКОВ 141

Наноструктурированные металлы и сплавы

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ1-0, ПОДВЕРГНУТОГО ВОЗДЕЙСТВИЮ ТОКОВЫХ ИМПУЛЬСОВ ПРИ МНОГОЦИКЛОВОЙ УСТАЛОСТИ

И.А. Комиссарова[1], С.В. Коновалов[2], А.М. Глезер[3], Ю.Ф. Иванов[4], В.Е. Громов[1],

Е.Д. Крюкова[2]

1) Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, e-mail: gromov@physics.sibsiu.ru

2) Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, ул. Московское шоссе, 34, 443086, Самара, Россия

3) Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина, г. Москва, e-mail: a.glezer@mail.ru

4) Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, e-mail: yufi55@mail.ru

Для повышения усталостной долговечности металлических материалов используют различные способы упрочняющей обработки. В последние годы перспективными являются работы, направленные на создание, изучение, совершенствование и практическое внедрение технологических методов поверхностного упрочнения, использующих высококонцентрированные источники энергии, включающие ионные, плазменные, лазерные и электронные пучки, обеспечивающие формирование в поверхностном слое высокопрочных наноструктур.

Целью настоящей работы являлся анализ изменения структуры образцов из титанового сплава ВТ1-0 при обычном нагружении и при нагружении после токовой импульсной обработке и выявление механизмов, ответственных за повышение усталостного ресурса.

Исследования поверхности разрушения осуществляли методами сканирующей электронной микроскопии (прибор Tesla BS-301). Анализ фазового состава и состояния дефектной субструктуры материала выполняли методами просвечивающей электронной дифракционной микроскопии (прибор JEM-2100). Фольги для исследований готовили методом ионного утонения пластинок, вырезанных электроискровым методом из массивного образца параллельно поверхности разрушения на максимально близком к ней расстоянии.

Установлено, что в результате усталостных испытаний образцов, подвергнутых предварительной токовой импульсной обработке, в сравнительно тонком (не более 4 мкм)

поверхностном слое технически чистого титана марки ВТ1-0 формируется субмикрокристаллическая структура, средний размер кристаллитов которой 422,7 ± 400 нм. Токовая импульсная обработка титана в процессе усталостных испытаний приводит к многократному увеличению размеров кристаллитов поверхностного слоя. Следующей особенностью зеренной структуры поверхностного слоя является сравнительно большой разброс зерен по размерам. Можно предположить, что причиной этому являются процессы рекристаллизации материала, имеющие место при обработке токовыми импульсами.

Особенностью образцов титана, разрушенного в результате усталостных испытаний в условиях токовой обработки, является сравнительно низкий уровень изгиба кручения кристаллической решетки материала. Следовательно, такая обработка технически чистого титана в процессе усталостных испытаний способствует снижению количества источников (концентраторов) внутренних полей напряжений в поверхностном слое материала.

Токовая импульсная обработка образцов, осуществляемая на промежуточной стадии испытаний, приводит к увеличению усталостной долговечности материала в ≈1,3 раза относительно образцов без такой обработки. Установлено, что токовая импульсная обработка титана, во-первых, сопровождается многократным увеличением размеров кристаллитов α-титана поверхностного слоя материала, что обусловлено процессами рекристаллизации; во-вторых, способствует снижению количества источников (концентраторов) внутренних полей напряжений в поверхностном слое материала, что обеспечивает снижение потенциально опасных мест трещинообразования; в-третьих, приводит к существенному увеличению размеров частиц окисной фазы, формирующихся в поверхностном слое образцов титана при усталостных испытаниях.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания № 3.1283.2017/4.6.

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ ДОЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКЕ

Ю.Ф. Иванов[1,2], В.Е. Громов[3], Д.В. Загуляев [3], С.В. Коновалов[4], Ю.А. Рубанникова[3]

1) *Институт сильноточной электроники СОРАН, г. Томск, e-mail:* yufi55@mail.ru

2) *Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск*

3) *Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, e-mail:* gromov@physics.sibsiu.ru

4) *Самарский национальный исследовательский университет имени академика, г. Самара*

Силумины широко используются в различных отраслях промышленности для изготовления разнообразного перечня деталей, которые работают при различных нагрузках, нормальной и повышенной температурах (например, для отливок поршней двигателей внутреннего сгорания, корпусов различного назначения, деталей приборов и т.д.). Основной недостаток силуминов – высокая хрупкость, которая обусловлена присутствием в литье крупных включений кремния и интерметаллидов, а также наличием микропор.

Одним из методов формирования в металлах и сплавах, наноразмерных структурно-фазовых состояний является импульсный режим сверхвысокоскоростного нагрева и охлаждения поверхностного слоя.

Наиболее перспективным с позиций наноструктурирования, в настоящее время, является применение высокоинтенсивных импульсных электронных пучков субмиллисекундной длительности, позволяющих контролируемо прогревать в импульсном режиме поверхностные слои толщиной в десятки микрометров, практически не изменяя структурно-фазового состояния основного объема материалов.

Целью настоящей работы являлся анализ изменения структурно-фазового состояния алюминиевого литейного доэвтектического сплава, подвергнутого облучению в вакууме интенсивным импульсным электронным пучком.

В качестве материала исследования был использован алюминиевый литейный доэвтектический сплав (силумин), следующего химического состава: ((9.5-10.5)Si; (2.0-2.5)Cu; (0.8-1.2)Ni; (0.9-1.2)Mg; (до 0,6)Fe; (до 0,05)Mn; (до 0,05)Ti; (до 0,05)Pb; (до 0,06)Zn; (до 0,01)Sn; остальное Al, вес.%).

Модифицирование структуры поверхностного слоя осуществляли, облучая образцы сплава в вакууме интенсивным импульсным электронным пучком на установке «СОЛО»

(Институт сильноточной электроники СО РАН). Параметры облучения: энергия ускоренных электронов 17 кэВ, плотность энергии пучка электронов (25, 30, 35) Дж/см^2, длительность импульса пучка электронов 150 мкс, количество импульсов 3, частота следования импульсов 0,3 с$^{-1}$, давление остаточного газа (аргон) в рабочей камере установки 2*10^{-2} Па.

Доэвтектический сплав силумина в исходном литом состоянии характеризуется наличием большого количества включений второй фазы различного элементного состава, разнообразной формы и размеров.

Облучение поверхности образцов силумина интенсивным импульсным электронным пучком приводит к кардинальному преобразованию структурно-фазового состояния поверхностного слоя материала. В слое толщиной 50-100 мкм, размеры которого увеличиваются в пределах 0,3-0,6 мкм с ростом плотности энергии пучка электронов, формируется структура ячеистой кристаллизации, характерная для быстрозакаленного материала.

Ячеистая субструктура субмикронных размеров, представленная ячейками пластинчатой эвтектики сплава Al-Si и ячейками алюминия, разделена наноразмерными прослойками второй фазы размеры которых не превышают 100 нм.

Показано, что модифицированный слой имеет градиентную структуру. Поверхностный слой с субмикро- наноразмерной структурой ячеистой кристаллизации переходит в слой, содержащий, наряду с ячейками кристаллизации, включения второй фазы квазиравноосной формы, что свидетельствует о протекании при облучении силумина электронным пучком процессов глобуляризации материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания Минобрнауки РФ, проект № 3.1283.2017/4.6).

ХИМИЧЕСКОЕ ПОЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ С ПОМОЩЬЮ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СРЕД

А.С. Полякова, П.Е. Тюлягин, Н.М. Мурашова, Е.В. Юртов

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, anast.polya@gmail.com

Наноструктурированные жидкие среды, такие как обратные микроэмульсии, могут использоваться для процессов, происходящих в системах «жидкость - твердая фаза». К таким процессам можно отнести извлечение металлов с помощью экстрагент-содержащих микроэмульсий [1], а также химическое полирование. Химическое полирование металлов – это способ снижения шероховатости поверхности с помощью реагентов, растворяющих металл. Часто для химического полирования применяют смеси концентрированных кислот с небольшим количеством воды [2]. Микроэмульсию типа «вода в масле» (обратную микроэмульсию) можно использовать как носитель реагентов для химического полирования металлов. Если реагент будет локализован внутри капель микроэмульсии, то можно снизить его суммарную концентрацию в полирующей жидкости (микроэмульсии), а также добиться лучшего эффекта полирования за счет диффузионных ограничений.

Целью данной работы было исследование химического полирования металлов на примере алюминия с помощью обратных микроэмульсий ди-(2-этилгексил)фосфата натрия (Д2ЭГФNa), бис-(2-этилгексил)сульфосукцината натрия (АОТ) и додецилсульфата натрия (SDS), содержащих кислоты, растворяющие металл.

Для того, чтобы подобрать состав микроэмульсии для химического полирования, была определена солюбилизационная ёмкость микроэмульсий в системах Д2ЭГФNa – трибутилфосфат – керосин – водный раствор кислоты, АОТ – керосин – водный раствор кислоты и SDS – бутанол-1 – керосин – водный раствор кислоты. В состав микроэмульсий вводили водные растворы соляной, азотной, фосфорной и уксусной кислот. Показано, что микроэмульсия на основе Д2ЭГФNa ($C_{Д2ЭГФNa}$=1,22 моль/л) способна содержать до 0,091 моль/л HCl, до 0,073 моль/л HNO_3 и до 0,310 моль/л CH_3COOH. Микроэмульсия на основе АОТ ($C_{АОТ}$=1,24 моль/л) может солюбилизировать до 0,156 моль/л HCl и до 3,88 моль/л CH_3COOH. Микроэмульсия на основе SDS также способна включать водные растворы кислот.

Химическое полирование проводили в закрытом сосуде при температуре 80°C и при механическом перемешивании (300 об/мин) в течение 2 часов. После полирования поверхность металла очищали от адсорбировавшихся поверхностно-активных веществ последовательным промыванием пластинки в гексане, этиловом спирте и воде.

Результаты полирования сравнивали с контрольным образцом – пластинкой, последовательно промытой в гексане, этаноле и воде.

Было получено, что при химическом полировании алюминиевой фольги микроэмульсией в системе Д2ЭГФNa – трибутилфосфат – керосин – водный раствор кислоты (HCl, HNO_3 или CH_3COOH, $C_{к\text{-}ты}$ = 0,026 моль/л) средняя шероховатость поверхности уменьшается с 54 нм до 29-30 нм независимо от природы используемой кислоты. Химическое полирование алюминия микроэмульсией в системе АОТ – керосин – водный раствор CH_3COOH показало, что при $C_{CH3COOH}$ = 0,026 моль/л изменения шероховатости через 2 часа полирования не происходит, в то время как при $C_{CH3COOH}$ = 0,10 моль/л средняя шероховатость поверхности алюминия уменьшается. При использовании микроэмульсии в системе АОТ – керосин – водный раствор HCl происходило растравливание поверхности алюминия, что приводило к увеличению её средней шероховатости. Была изучена возможность использования для химического полирования технического алюминия микроэмульсий на основе SDS, содержащих уксусную, соляную кислоту или фосфорную кислоту.

Полученные результаты являются основой для разработки составов микроэмульсий, пригодных для химического полирования металлов.

1. Murashova N.M., Levchishin S.Yu., Yurtov E.V. Leaching of metals with microemulsions containing bis-(2-ethylhexyl)phosphoric acid or tributilphosphate // Hydrometallurgy, 2018, vol. 175, p. 278-284.

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.

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ГОМОГЕНИЗАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВЫСОКОМАГНИЕВЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С ДОБАВКАМИ ПЕРЕХОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В.В Яшин[1,2], Е.В. Арышенский[2], С.В. Коновалов[2], С.В. Воронин[2], Г.Р. Халимова[2]

1) АО Арконик СМЗ, Самара, vasiliy.yashin@arconic.com

2) Самарский университет, Самара, voronin.sv@ssau.ru

Одной из ключевых задач при термомеханической обработке алюминиевых сплавов является получение в них заданной структуры и свойств. Для достижения этой цели необходимо контролировать эволюцию текстуры и структуры на каждом этапе термомеханической обработки. Особенно важен контроль структуры на начальных этапах производства, т.к. на них формируются начальные условия для последующих изменений. Существенным фактором, влияющим на проработку литой структуры, является процесс рекристаллизации. Ее кинетика во многом зависит от количества и размера мелкодисперсных частиц. Влиять на размеры интерметаллидных частиц можно путем изменения температуры и времени выдержки при гомогенизационном отжиге литого металла.

Особенно актуальным является вопрос регулирования размеров и количества частиц второй фазы для алюминиевых сплавов с высоким содержанием магния и добавками переходных элементов. Наночастицы образующиеся в данных сплавах могут полностью блокировать процессы рекристаллизации или существенно замедлять их.

Целью данной работы является оценка влияния температуры и времени выдержки при гомогенизационном отжиге перспективных алюминиевых сплавов с высоким содержанием магния на количество мелкодисперсных частиц. Для исследования были выбранны два отечественных сплава 1565ч с циркониевым и 01570 с циркониево-скандиевым микролегированием. Изучение кинетики выпадения нанодисперсных частиц проводилось методом сканирующей микроскопии. Наиболее перспективные режимы изучались с помощью просвечивающей электронной микроскопии. Для каждого режима определялись количество и размер интерметаллидных частиц, так же оценивалось, как данные параметры влияют на способность металла к рекристаллизации.

Исследования позволили установить оптимальную температуру и время выдержки для каждого исследуемого сплава. Работа проведена в рамках работ по гранту РНФ № 18-79-10099 «Создание модели расчета эволюции текстуры и структуры на ранних этапов термомеханической обработки алюминиевых сплавов в том числе добавками переходных металлов».

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Раткин Л.С.[1,2,3]

1) *НИЦ «Курчатовский институт», Москва,*
2) *ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва,*
3) *ООО «АРГМ», Москва, rathkeen@bk.ru*

Получен патент на изобретение без соавторов на изготовление продукции для индивидуального пользования, в котором предусмотрено применение наноструктурированных металлов и сплавов. Была поставлена инженерная задача по созданию средства индивидуального пользования с безопасным применением, возможностью хранения без причинения вреда и/или ущерба. Задача решена за счет применения инновационных технологий, в т.ч., наноструктурированных металлов и сплавов. Например, из наноструктурированных металлов и сплавов может быть изготовлена рукоятка изделия, кронштейны и другие закрепляющие элементы, держатели, элементы защиты пользователя от повреждения при пользовании прибором, шарниры, пружинные проволоки, демпфирующие скобы, сменные элементы конструкции и защелкивающие механизмы. Оценка инвестиционного проекта по внедрению в серийное производство разработанной продукции с применением наноструктурированных металлов и сплавов подтверждает предположения о наличия рынка сбыта, структурированного по сегментам в зависимости от покупательной способности населения. Предполагается реализация инвестиционного проекта с привлечением механизмов государственно-частного партнерства, с применением собственных средств и средств, полученных от успешной реализации предыдущих инвестиционных проектов.

Нанотехнологии в ТЭК

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ FE3O4 НА СОРБЦИЮ НЕФТЕПРОДУКТОВ ВЫСОКОПОРИСТЫМИ КОМПОЗИЦИОННЫМИ НАНОМАТЕРИАЛАМИ

С.А. Широких[1], М.Ю. Королёва[1], А.М. Эстрада[2], К.А. Эрнандэз[3], Е.В. Юртов[1]

1) Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, serega-teo@mail.ru

2) Центр Экологической Инженерии, Камагуэй, Куба

3) Центр Экологических Исследований, Сьенфуэгос, Куба

Аварийные загрязнения водных объектов нефтепродуктами являются серьезной экологической проблемой. На Кубе основные месторождения нефти и нефтеперерабатывающие заводы расположены вблизи береговой линии. Выброс углеводородов приводит к загрязнению больших объемов воды и наносит ущерб наземным и прибрежным экосистемам. Недавние разливы нефти, произошедшие в заливах Сьенфуэгос и Матансас, показали, что страна не располагает современными технологиями для сбора разлитой нефти. Барьеры сдерживания и последующего восстановления с помощью традиционных методов эффективны только на 50-70% и не позволяют удалять тонкие пленки с поверхности водоемов. Практически полностью удалять даже тонкие пленки нефтепродуктов позволяет сорбционный метод с использованием высокопористых полимерных нанокомпозитов [1]. Такие материалы могут быть получены при полимеризации дисперсионной среды высококонцентрированных обратных эмульсий [2]. Включение в состав магнитных наночастиц позволяет получать высокопористый композиционный наноматериал, удобный для эксплуатации в процессе сорбции [3]. В данной работе в качестве матрицы высокопористого композиционного наноматериала были использованы сополимеры стирола и дивинилбензола. Наночастицы магнетита размером 40±5 нм были получены методом старения. На рисунке 1 приведено микроизображение высокопористого полимерного материала. Было исследовано поглощение трансмиссионного масла, бидистиллированной и морской воды высокопористым композиционным наноматериалом и рассчитаны скорости сорбции в начальный период времени. Зависимости скорости сорбции от концентрации магнетита показаны на рисунке 2. Морская вода была приготовлена в соответствии с ASTM D1141-2013 "Standard Practice for the Preparation of Substitute

Ocean Water". Вода, приготовленная по этому стандарту, близка по концентрации и составу воде в Карибском море.

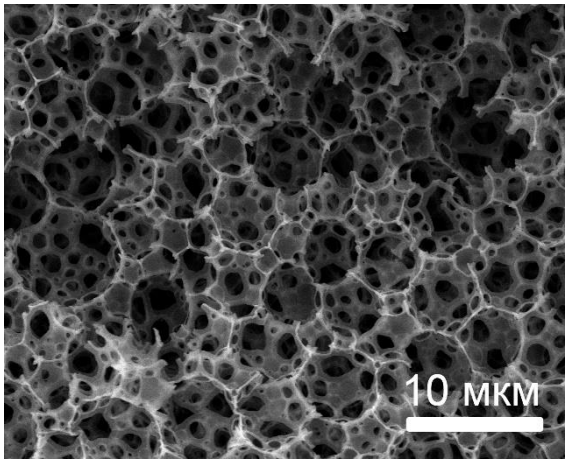


Рис. 1. СЭМ-изображение высокопористого полимерного композита, содержащего 5 мас.% наночастиц магнетита

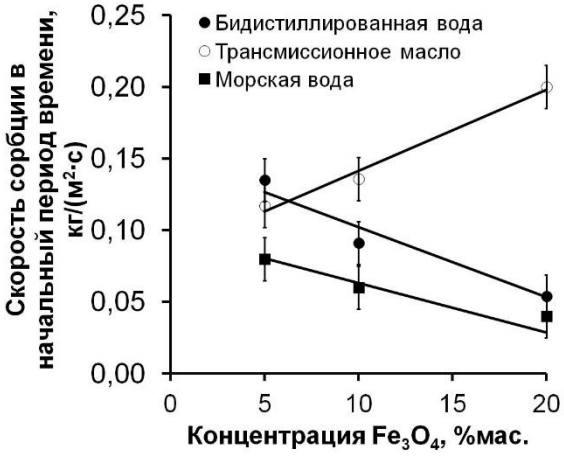


Рис. 2. Зависимости скорости сорбции масла и воды от концентрации магнетита в полимерном композите

Из полученных данных видно, что с увеличением концентрации наночастиц Fe_3O_4 снижается скорость сорбции воды и повышается скорость сорбции трансмиссионного масла. Это обусловлено тем, что при получении обратных эмульсий наночастицы магнетита располагаются на поверхности капель воды, увеличивая тем самым площадь межфазной поверхности. Соответственно большее количество ПАВ адсорбируется на границе раздела, придавая ей гидрофобные свойства. При этом, необходимо отметить, что скорость сорбции морской воды ниже, чем бидистиллированной. Поэтому полученный композиционный наноматериал перспективен для устранения разливов нефтепродуктов с поверхности морских водоемов, в том числе у побережья Кубы.

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. 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.
3. Широких С.А., Ракитин А.И., Хасанова Л.Х., Королёва М.Ю., Юртов Е.В. // Сборник тезисов IX ежегодной конференции Нанотехнологического общества России (Москва, 5 апреля 2018 г.) — Москва, 2018. — С. 73-74

КРИОЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ НАНОЧАСТИЦ В ЭМУЛЬСИЯХ

М. Королёва[1], Д. Данино[2]

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

2) Лаборатория криогенной электронной микроскопии жидких материалов, Технион - Израильский технологический институт, Хайфа, Израиль

Исследование структуры и визуализация жидких гетерогенных систем, содержащих наночастицы, актуальна в фармацевтике, в нефтедобывающей, пищевой промышленности. Нами были проведены исследования эмульсий Пикеринга, содержащих наночастицы магнетита (70 нм) и оксида кремния (16 нм). В таких системах гидрофильные наночастицы могут адсорбироваться на поверхности капель масла или образовывать различные структуры, состоящие из агрегатов наночастиц, в дисперсионной среде эмульсий. Это могут быть отдельные мелкие агрегаты, крупные сфероидные агрегаты или трехмерная сетка, образованная цепочечными агрегатами наночастиц.

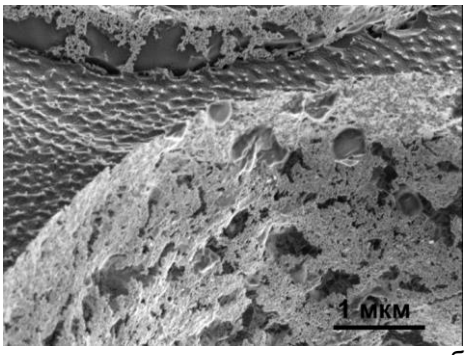


Рис. 1. Крио-СЭМ изображение капель углеводородного масла, стабилизированных наночастицами оксида кремния и магнетита

С использование метода крио-СЭМ было получено изображение прямой эмульсии Пикеринга, стабилизированной наночастицами оксида кремния и магнетита. На рис. 1 видна поверхность капли масла, покрытой адсорбированными наночастицами, и скол водной дисперсионной среды, содержащей агрегаты наночастиц. Практически сплошной слой адсорбированных наночастиц обеспечивает стабильность эмульсий к коалесценции. Образование удлиненных агрегатов наночастиц в дисперсионной среде способствует увеличению устойчивости эмульсий к обратной седиментации.

СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ КРЕМНИЯ И АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ВОДОРОДА

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

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,

Одним из перспективных на сегодняшний день альтернативных источников энергий является водород. Водород H_2 является идеальным топливом с высокой теплотой сгорания и безвредным продуктом горения. В мире ведется обширный объем исследований в области «водородной энергетики». Поэтому эта область исследований привлекает все больше внимания исследователей со всего мира.

На сегодняшний день, существуют различные способы получения газообразного водорода, например паровая конверсия метана и природного газа, газификация угля, электролиз воды, пиролиз, частичное окисление и т.д. Также активные исследования получение водорода из воды проводятся с использованием металлических наночастиц, в частности наночастицы алюминия, серебра, оксида титана, никеля, железа, меди и т.д.

В данной работе были разработаны и исследованы методы синтеза наночастиц кремния и алюминия и зависимость их роста от параметров плазмы. Синтез наночастиц кремния проводился в плазме ВЧ разряда в смеси газов моносилана (2%) и аргона (98 %) 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/SiH_4. Были приведены экспериментальные результаты по синтезу алюминиевых наночастиц в плазме комбинированного ВЧ+DC разряда. Мощность ВЧ разряда варьировалась

в приделах 1÷50 Вт, напряжение постоянного источника питания 0÷100 В, а давление газа 0,1÷1 Торр.

В результате была разработана технология синтеза и контроля формирования кремниевых, а также алюминиевых наночастиц для получения газообразного водорода.

Наноструктурированные покрытия

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ УЗЛОВ ТРЕНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕРПЕНТИНОВЫХ ТРИБОПРЕПАРАТОВ

С.Н. Шарифуллин[1], М.Н. Фильков[2], А.В. Дунаев[2], И.Б. Тришкин[3]

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

2) Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Россия, dunaev135@mail.ru

3) Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Россия, iv.trishcin@yandex.ru

Формирование износостойких металлокерамических нанопокрытий с малым коэффициентом трения на сопрягаемых трущихся поверхностях машин и механизмов с применением трибопрепаратов на основе нанопорошков серпентина известно с 80-х годов прошлого века. Однако, до сих пор не раскрыт механизм формирования таких покрытий. Причина заключается в сложности происходящих электрофизических процессов в узлах трения в присутствии трибопрепаратов и отсутствии полноценных научных исследований этих процессов. Поэтому продолжается появление новых серпентиновых препаратов.

Серпентиновый трибопрепарат попадая с маслом на пары трения активируют дефектную поверхность. Под действием трибоплазмы и катализаторов ремонтно-восстанавливающего состава (РВС добавка) происходит очистка поверхностей трения от наслоений, окисных пленок и непрочных деформированных структур кристаллов. При этом на очищенных поверхностях появляются свободные молекулярные связи, которые притягивают кристаллы добавки, элементов от распада наночастиц РВС добавки, а также соединений плазмохимических реакций в трибоплазме. Начинается образование новых кристаллов во впадинах шероховатости, наращенных на кристаллической решетке поверхностного слоя металла. В дальнейшем эти кристаллы ориентируются вдоль поля и срастаются, образуя на всей поверхности пятна контакта алмазоподобное покрытие с высокой износостойкостью и малым коэффициентом трения.

В данной работе рассмотрены возможности нового трибосостава "Сарановский" при его введении в моторное масло дизельных двигателей.

Трибосостав получен путем измельчения исходного сырья на шаровой планетарной мельнице до наноразмерных величин. Наноразмерные частицы сами по себе отдельно не могут существовать. У них сильные поверхностные молекулярные (Вандерваальсовские) силы. Происходит агрегированию мелких частиц в более крупные и образование конгломератов с размерами от нескольких до десятков мкм. На рисунке 1 представлена фотография частиц трибосостава "Сарановский". Видно, что основная доля частиц имеет размеры 1 – 5 мкм, но имеются редкие агломераты до 40 мкм. Средний размер частиц от 2 до 3 мкм. Однако эти микронные частицы при попадании в зону трения механизма при воздействии на них рассыпаются на более мелкие частицы до наноразмерных величин.

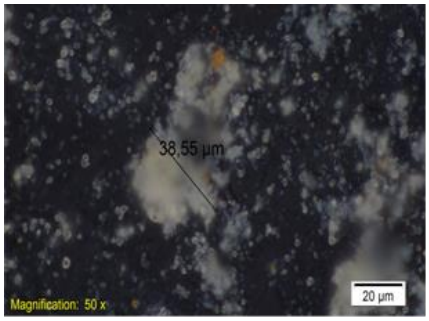


Рис. 1. Фотография частиц трибосостава "Сарановский". Микроскоп OLIMPUS GX51

По данным рентгено-фазового анализа порошок представляет собой частицы минерала Лизардита – основной триботехнический составляющий серпентина. (Рис. 2). Кристаллы его формируются в моноклинной системе.

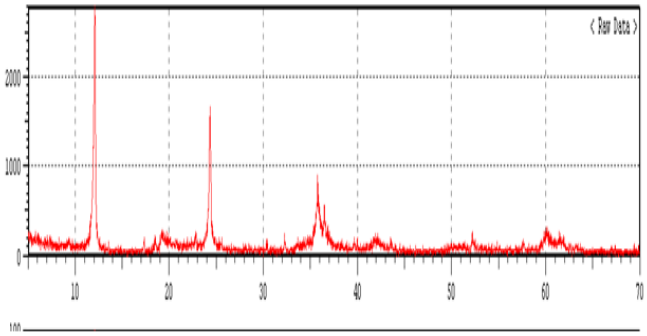


Рис. 1. Дифрактограмма порошка ГМТ «Сарановский»: идентифицирован Lizardite-1T. Дифрактометр XRD 6000.

Изучение дифрактограммы показало, что в нем присутствуют: $(Mg,Al)_3(Si,Fe)_2O_5$ – Aluminum IronMagnesium Si, Lisardite-1T – основной минерал группы серпентина; $Ni_3Si_2O_5(OH)_4$ – Nickel Silicate Hydroxide, Pecoratite-2Mc1 – вторичный минерал группы серпентина, как примесь и $Ni_5Al_4O_{11}\cdot 18H_2O$ – примесь Nickel Aluminum Oxide Hydroxide.

ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО ПЛАЗМЕННОГО ОСАЖДЕНИЯ

Ж.Р. Райымханов[1], М.К. Досболаев[1], А.Б. Тажен[1], Т.С. Рамазанов[1]

1) Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики, 050040, г. Алматы, Казахстан, zhanikkaznu@gmail.com

В данной работе представлены результаты экспериментов по напылению углеродных наночастиц на поверхности металла и получение углеродных наноструктурированных поверхностей методом импульсного плазменного осаждения. Метод импульсного плазменного осаждения (IPD) является эффективным методом плазменной поверхностной инженерии, который позволяет синтезировать слои на холодной подложке, и обеспечивает хорошую адгезию.

Эксперименты были проведены на установке импульсного плазменного ускорителя ИПУ-30, которая состоит из коаксиально расположенных медных электродов. Для получения наноструктурированной поверхности был поставлен следующий эксперимент, на пути импульсного плазменного потока последовательно были расположены графитовая сетка и металлическая подложка. Наноуглеродные частицы являются продуктом эрозии, которые появляются при обтекании плазменного потока через систему - графитовой сетки. Взаимодействие импульсной плазмы с поверхностью пластины сопровождается нагревом частиц и их вырыванием, где появившиеся частицы следуют за плазмой, создавая движущееся плазменно-пылевое облако, и осаждаются на поверхности металлической подложки, тем самым образуют углеродную наноструктурированную поверхность.

Эксперименты проводились при разрядных напряжениях 4-6 кВ и давлении газа $2*10^{-2}$ торр. Полученные наноструктурированные поверхности были исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа.

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЧАСТИЦ И ПЛЕНОК УГЛЕРОДА С МЕТАЛЛАМИ В КОМПЛЕКСНОЙ ПЛАЗМЕ

Р.Е. Жумадилов[1], М. Сламия[1], М.К. Досболаев[1], Т.С. Рамазанов[1]

1) Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа (ННЛОТ), 050040, г. Алматы, Казахстан, rakimzhan@gmail.com

На сегодняшний день получение композитных наночастиц и пленок и их приложения является новым этапом развития технологического прогресса человечества. Композитные наночастицы и пленки создаются при получении покрытий в определенных поверхностях материалов, в том числе макрочастиц. Такие условия приводят к появлению исключительных свойств частиц или пленок, в результате чего меняются их катализаторные свойства, абразивность поверхности, прочность к эрозии, экранировка электромагнитного поля и т.п. Структурные особенности пленок, удельная проводимость, качество поверхности, удержание свойства вещества – все перечисленные свойства являются очень важными аспектами для качества и приложения исследуемого образца. Одним из методов получения дисперсных нанокомпозитных частиц является комплексный плазменный метод. Принцип данного метода основывается на напылении макрочастиц плазменно-пылевой структуры с помощью магнетрона, результатом которого являются дисперсные композитные частицы нано и микро размеров покрытые ионами (наночастицами) металла. Особенность данного метода заключается в том, что синтезируемые нано и макрочастицы не имеют прямого контакта с исследуемой средой, вследствие чего получаемый материал становится чистым и однородным. В случае получения пленок, реактивное напыление (распыление) в магнетронном разряде постоянного тока является самым эффективным методом. Особенностью последнего является широкий диапазон напыления.

Для получения композитных тонких пленок и частиц использовалась экспериментальная установка на основе комбинированного высокочастотно-емкостного (ВЧЕ) и магнетронного разрядов.

ВЧЕ разряд является системой для создания плазменно-пылевых структур. Плазма ВЧ разряда образуется между плоскопараллельными электродами с диаметром 100 мм и расположенные друг от друга на расстоянии 30 мм. Нижний электрод соединяется к ВЧ (13,56 МГц) генератору, верхний сетчатый электрод заземляется и используется в качестве экрана между ВЧ и магнетронного разряда. В качестве плазмообразующего газа использовался аргон и смесь аргон-метан. Давление в камере варьировалось от 0,1 до 1,5 торр.

Система магнетронного распыления располагается перпендикулярно к системе ВЧЕ разряда. Материал магнетронного катода является источником металлического покрытия,

в поставленных экспериментах использовался медный электрод, однако можно использовать любой другой металл. Во время распыления, появившийся поток атомов (молекул) из-за собственного начального теплового движения проникает в агломерационную среду, т.е. в плазменную среду ВЧЕ разряда, проходя через заземленный электрод-экран.

По результатам проведенных экспериментов было выявлено, что увеличение разрядного тока магнетрона приводит к увеличению размеров композитных наночастиц углерод-медь, а также к увеличению толщины наноструктурированных пленок. Для синтеза композитных наночастиц углерод-медь использовали смесь газов аргон-метан (10%). Также было замечено, что увеличение давления газа в объеме приводит к уменьшению размера наночастиц на выходе. Но в случае с образованием наноструктурированных композитных пленок картина имеет несколько другой характер: при увеличении давления газа в камере до 1 торр толщина пленок увеличивается, но при относительно высоких давлениях, > 1,1 торр на выходе образовываются пленки с меньшей толщиной. Кроме того, были проведены эксперименты по определению зависимости параметров нанокомпозитных пленок и частиц углерод-медь от температуры среды. Было выявлено, что уменьшение температуры среды приводит к увеличению толщины получаемых пленок.

АНТИОБЛЕДЕНИТЕЛЬНЫЕ И ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ ФТОРСОЕДИНЕНИЙ И ПОКРЫТИЙ

А.С. Вохидов

ООО «АВТОСТАНКОПРОМ», rvokhidov@list.ru

В последнее время все чаще в нашей стране и за рубежом появляются новые материалы: сплавы, композитные металлы, стеклокерамика, которые находят широкое применение на объектах северных районов, кораблях, бемпилотниках, поездах при движении в условиях аномальных холодов, которые нуждаются в тонком защитном покрытии.

Например, касательно поездов - существующие сейчас образцы антиоблединительных жидкостей сохраняют свои свойства при движении поезда только на расстояниях до 400 км. Это очень мало, ведь только от Москвы до Санкт-Петербурга «Сапсан» проходит расстояние в два раза больше. Преимущество отечественных разработок состоит в том, что все они базируются на создании жидких полимерных композиций, на основе нанотехнологий, где подобраны более эффективные фторсоединения с комбинациями концевых групп - CF. Длина молекулы присоединенных функциональных групп выбирается исходя из назначения молекулярных плёнок: чем длиннее молекула, тем меньше влияние твердой поверхности. При коротких молекулах может дополнительно экранироваться поверхность. При длинных молекулах падает растворимость и смачиваемость поверхности, что может сказываться на равномерность слоя покрытия, время высыхания. Исследуемые пленкообразующие композиции: «Снеготек-1» ТУ 20.59.43-005-13868195-2016 способны не только сохранить свои свойства на поездку в один конец на этом направлении, запаса его ресурса хватить на возвращение поезда обратно, и композиция «Флуора-С» ТУ 20.49.51-003-13868195-2014, которая сохраняет антиобледенительные свойства более 6 месяцев.

Испытания коррозионностойкости получаемого покрытия по ГОСТ 9-308-85 метод 6 показали стойкость к воздействию повышенных значений относительной влажности воздуха (58%) и температуры (температура в помещении 22°С) с периодической конденсацией влаги и оценка степени коррозионного поражения покрытия в климатокамере типа Г-4 после 6 циклов испытаний составило 10 баллов (без поражений) после 6 циклов испытаний. Положительные результаты по коррозионностойкости были получены также при добавлении композиции к продукту «Жидкий ключ» и испытаниям по ГОСТ 9490-75, где металлическая поверхность с покрытием выдерживает коррозионное воздействие.

Измерение угла смачиваемости проводится разными доступными способами по определению краевого угла смачивания. Испытания триботехнических параметров по разработанной методике в ГНУ «ГОСНИТИ» на Универсальном устройстве тестирования смазочных материалов УТСМ-1 (трибометре) показали, значения предельной нагрузки до задира 140Нм при длине пятна износа 4мм. Справочно, при использовании минерального масла значение предельной нагрузки составляет 40Нм, длина пятна износа 10мм.

Методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) исследована морфология мономолекулярного слоя - поверхности пленок Ленгмюра-Блоджетт (ПЛБ), получаемых нанесением пленкообразующей (ультратонкой) композиции, содержащей фторсоединения.

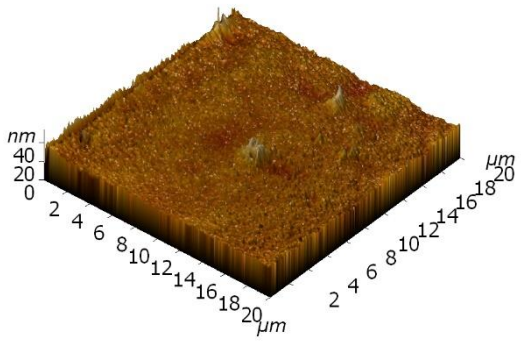
	
1а. Изображение поверхности плёнки «Флуора-С»	1б. Вагон-вахтовка, левая часть обработана композицией «Флуора-С»

Фото 1. Обработанные (левая часть: обработана антиобледенителем «Флуора-С») и необработанные части поверхностей на карском море (терминал).

Дополнительно были проведены спектральные исследования по нанопокрытию на образцах ZnSe с просветляющим покрытием BBAR 2-15 мкм.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КАССЕТ И КАРТРИДЖЕЙ ДЛЯ ПРОДУКЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Раткин Л.С.[1,2,3]

4) *НИЦ «Курчатовский институт», Москва,*
5) *ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва,*
6) *ООО «АРГМ», Москва, rathkeen@bk.ru*

Получен патент на изобретение без соавторов на производство кассет и картриджей для продукции индивидуального пользования, в т.ч., с использованием наноструктурированных покрытий. Кассета/картридж содержит каркас (например, с наноструктурированным покрытием), включающий защелкивающий механизм. Заряд кассеты установлен ступенчато вплотную друг к другу с формированием многослойного блока, фиксированного в каркасе. Многослойный блок сконструирован таким образом, что заряд не травмирует пользователя. Каркас может быть изготовлен с наноструктурированным покрытием, как и части заряда кассеты продукции для индивидуального пользования. Технический результат достигается формированием единого многослойного блока заряда кассеты, каждый элемент который для улучшения потребительских свойств продукции может иметь наноструктурированное покрытие. Инженерная задача решена таким образом, что в кассете/картридже сконструирован каркас с защелкивающим механизмом с формированием многослойного блока заряда кассеты/картриджа.

СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ ZNO-AG

Д.А. Романов[1], С.В. Московский[1], В.Е. Громов[1]

1) Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, romanov_da@physics.sibsiu.ru

Объектом исследований являлись медные контакты контактора КПВ-604, на контактных поверхностях которых электровзрывным методом было сформировано системы ZnO-Ag. Методами сканирующей электронной микроскопии проведены исследования структуры и элементного состава поперечного шлифа системы «покрытие/подложка» сформированной электровзрывным методом. Анализ полученных результатов показывает, что сформированное покрытие является однородным по структуре композиционным материалом. По морфологии структуры и контрасту травления формирующееся покрытие состоит из светлой серебряной матрицы и темных включений ZnO с размерами, изменяющимися в пределах от 0,3 до 0,5 мкм.

Механизм сборки такого сложного многоуровневого CdO в серебряной матрице можно представить следующим образом. Единый размер r1 сферических частиц CdO первого уровня иерархии может быть объяснен в рамках модели диффузионно-лимитированной агрегации по механизму диффузионно-лимитируемой агрегации «частица-кластер». В кластер, который превратится затем в сферу диаметром от 2 до 5 нм, собираются плазменные компоненты многофазной струи продуктов электрического взрыва проводников, распределенные в некотором эффективном объеме на некотором эффективном пространстве интерфейса подложки того же размера. Следует отметить, что размер эффективного объема, в котором происходит образование заготовок сферических частиц первого уровня иерархии, будет зависеть от состава взрываемых проводников и температуры.

Сформированные покрытия системы Ag-ZnO удовлетворяют испытаниям пускателей на коммутационную износостойкость.Электрические контакты, упрочнённые электровзрывными покрытиями системы Ag-CuO способны к механической очистке поверхности от частиц CuO.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-00013).

Технологии и явления наноразмерных объектов

ЭЛЕКТРОАДГЕЗИЯ - ИТОГ (ОТКРЫТИЕ, РАЗВИТИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ)

Ю.М. Евдокимов[1], О.Л. Фиговский[2], В.Н. Кестельман[3]

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

2) INRC Polymate, Израиль, figovsky@gmail.com

3) KVN INTERNATIONAL, INC., PA, США, kvnint@verizon.net

В 1967-1968 годах одновременно в СССР и США были получены первые соединения твердых тел под действием внешнего электрического поля (ВЭП) [1-5]. Подобные соединения получили в СССР название электроадгезионных (электроадгезия). В США за ними закрепилась терминология electroadhesive Joints, анодной сварки (anodic welding, anodic bonding), а впоследствии и метод кремний на изоляторе (КНИ) или silicon on isolator (SOI). С развитием указанных технологий стали отличать обратимые, полуобратимые и необратимые электроадгезионные соединения (ЭАС), сохраняющие сцепление в течение длительного времени (более 30 лет) без видимой потери адгезионной прочности (АП), которая достигала 17-20 МПА и более.

В работе рассматриваются и анализируются все типы ЭАС, области их приложения в различных отраслях науки, техники и производства от электроники и медицины до изготовления адаптивных астрономических зеркал (различного рода захваты, приводы, прижимы, электростатические крепежные устройства, центрифуги с электростатическим закреплением, микро- и нанопинцеты, всевозможные гетероструктуры, элементы робототехники, солнечных батарей, микрофлюидики, оптических приборов, полупроводниковых датчиков силовых структур, гироскопов, НЭМС, МЭМС, микрооптоэлектромеханических систем, сцепление УНТ (углеродных нанотрубок) и графеновых пленок с различными подложками (карбид кремния, оксид кремния). Все большее использование ЭАС находят в ракетно-космической отрасли при изготовлении electrostatic handhold concept with umbilical power supply or with independent power supply, two-pole electroadhesor, robotic material handling, различного рода электроадгезион- ных devices. Рассмотрены отличия электроадгезии от эффекта Johnsen-Rahbek.

Отмечен вклад советских (российских) ученых в развитии ЭАС (школа Б.В. Дерягина, В.Н. Таирова (ЛЭТИ им. Ульянова, Ленинград), сотрудников МЛТИ,

МИРЭА, МВТУ им. Баумана, МИЭМ, украинских ученых. В настоящее время количество статей по тем или иным проблемам электроадгезии исчисляется тысячами, как и количество исследователей, развитие указанных проблем ведется в десятках стран мира (США, Бельгия, Великобритания, Израиль, Германия, Швейцария, Индия, Китай, Япония, Сингапур, Финляндия, Корея, Мексика, Австралия, Тайвань, Норвегия, Швеция, Италия, Франция, Турция, Бразилия, Мексика, Венгрия, Болгария и другие).

Показано, что за счет электроадгезии можно соединять самые различные твердые тела (кремний-стекло, кремний-керамика, стекло-кремний - стекло, металлы с керамикой, кремний-вольфрам-оксид кремния, кремний-стекло-кремний, металлы-полимеры, сваривать живые ткани, регулировать взаимодействия типа ключ-замок, сцеплять полупроводники с различными материалами…

Отмечено, что в зависимости от соединяемых материалов, ответственными за сцепление могут быть межмолекулярные взаимодействия, водородные связи, силы Казимира, силы химической природы типа связей Si-OH - OH-Si, Si-O - O-Si и других.

К достоинствам электроадгезионных соединений можно отнести высокую прочность сцепления, малое время для создания соединений, герметичность, мягкие режимы получения ЭАС. Из недостатков следует отметить высокое требование по чистоте и геометрии пластин, часто процесс рекомендуется проводить в чистых помещениях класса ISO4 или ISO3, шероховатость поверхностей должна быть порядка 0,5 нм, хотя это справедливо пока для соединений микро- и наноэлектроники.

В перспективе роль электроадгезии будет возрастать. Подтверждением может служить появление различного рода гибридных крепежных устройств типа electro-dry-adhesion (электро-сухой-адгезии), основанной на сочетании электроадгезии и геккон-адгезии, электроадгезии и присосок по типу действия щупалец осьминогов, что позволяет использовать подобные устройства и в водной среде. Становится реальной и проблема сочетания электроадгезии и поверхностных оболочечных белков вирусов или наружной липидной оболочки, покрытой ворсинками длиной 8-10 нм (аналог щетинок у гекконов, мух, жуков, пауков, ибо природа не любит множить сущности), что ускорит работы по адресной доставке лекарств к “нужному органу”.

Литература:

1. Ивлев И.М., Евдокимов Ю.М., Москвитин Н.И. Изготовление и нарушение склеек внешним электрическим полем. Сборник работ МЛТИ, вып. 19, М., 1967, с. 110-114.
2. Евдокимов Ю.М. Исследование электроадгезионных явлений и возможности создания и нарушения адгезионного контакта действием внешнего электрического поля. Дисс. к.х.н., МТИЛП. М., 1968, - 137 С.
3. Krape R.P. (with Dr. Veith D.N.) Application study electroadhesive devices, NASA, Washington, D.C., October 1968.
4. Wallis G., Pomerantz D.J. J Appl. Phys., 1969, vol. 40, No. 10, p. 3946-3949.
5. Евдокимов Ю.М.. Кестельман В.Н., Кондратьев Е.М. Электроадгезионные соединения. Теория и практика. Изд. МГУЛ, М., 2004, -304 с.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ НАНОФОТОНИКИ

А.И. Терехов

Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, a.i.terekhov@mail.ru

Появляющиеся ответвления относятся к важным способам дальнейшего распространения нанотехнологий (НТ). Одно из них - нанофотоника - возникло в начале 2000-х годов как фронт исследований, посвященных взаимодействию света с наноструктурными материалами. Широкий спектр открываемых новых возможностей привлек к ней значительный интерес ученых. Используя наиболее авторитетную в мире базу данных Science Citation Index Expanded, выполнен библиометрический анализ развития нанофотоники, динамичный характер которого в 2000-2017 гг. подчеркивает тот факт, что по числу производимых публикаций она обошла к концу периода такое базовое направление НТ, как полупроводниковые наноструктуры. Предметом анализа стали: научное соперничество и кооперация ведущих мировых игроков в области, включая страны "Большой семерки" (G7) и ряд быстро растущих представителей азиатского региона; академический импакт публикаций лидирующей десятки стран и их институтов; основные источники финансирования мировых исследований по нанофотонике; внутрироссийский исследовательский ландшафт и продвижения в решении задачи децентрализации и географической диверсификация исследований; структура и роль организаций, финансирующих работы российских ученых.

Наиболее активные участники международного научного соперничества: Китай (11569 публикаций), США (8846), Япония (3087), Германия (2534), Франция (2399), Великобритания (2376), Ю. Корея (1873), Россия (1734), Тайвань (1414), Индия (1373). Выделяется стремительный прогресс Китая, который по количеству публикаций уже в 2008 г. обошел США, а в 2013 г. - ЕС-28; последовательный подъем продемонстрировали Индия, Иран и Сингапур. Эти 4 страны вместе с Ю. Кореей и Тайванем с 2013 г. по объему исследований превзошли группу G7. Россия, занимавшая в 2000 г. 7-е, опустилась к 2017 г. на 9-е место в мире. Однако в терминах академического импакта ситуация иная: по совокупному вкладу в топ-1% и топ-10% сегменты высоко цитируемых публикаций группа G7 значительно опережает группу азиатских стран; по относительному показателю цитирования лидируют США и Великобритания, а у Китая, как и России, этот показатель меньше среднемирового. С использованием индекса Солтона проанализирована сеть международного соавторства. В частности, показано преобладание относительно сильных кооперационных связей внутри группы G7 (62% всех связей принадлежит верхнему квартильному слою и лишь 4.8% - нижнему), а также заметно большее тяготение азиатских стран к сотрудничеству с западными партнерами, чем друг с другом. Согласно индексу

Солтона, у России наиболее сильные соавторские связи с Германией, США, Великобританией и Францией. Анализ пристатейных ссылок на спонсорскую поддержку позволил выявить первые десять организаций, финансирующих мировые исследования по нанофотонике, среди которых 4 национальных научных фонда: Китая (22% поддержанных публикаций), США (6.1%), России (1.6%) и Германии (1.5%). Примечателен факт присутствия в десятке Управления научных исследований ВВС США (2% поддержанных публикаций). Основные отечественные участники исследований - академические НИИ и университеты, причем по совокупному вкладу в публикационный выход страны университеты после 2013 г. обошли РАН. При общем росте доли университетских публикаций заметно увеличился вклад провинциальных университетов, особенно после старта проекта "5-100", в котором они составили больше половины участников. Во главе российского рейтинга два столичных университета: МГУ и Университет ИТМО. Согласно расчетам, по цитируемости публикаций ИТМО четвертый среди ведущих университетов лидирующей десятки стран; значительную роль в этом успехе сыграла его активная международная кооперация. В целом, степень интернационализации российских исследований по нанофотонике достаточно высока: международное соавторство имеет 51% публикаций. Об этом также свидетельствует и заметное участие зарубежных организаций (Европейских финансирующих структур, Австралийского научного совета, Немецкого научно-исследовательского общества и др.) в со-финансировании отечественных работ.

В формировании научной базы НТ все большую роль начинают играть ее ответвления: синтетическая биология, спинтроника, молекулярный дизайн и др. Согласно выполненному анализу, в наиболее крупном из них - нанофотонике - Россия имеет вполне неплохие позиции.

НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД ДЛЯ МЕХАНИЗМА АКТИВАЦИИ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДНОГО ЯДЕРНОГО СИНТЕЗА

В.К. Егоров[1], Е.В. Егоров[1,2,3,4]

1) Институт проблем технологии микроэлектроники РАН, Черноголовка, Московская область, 142432, egorov@iptm.ru

2) Российский университет дружбы народов, Москва

3) Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Фрязино

4) Финансовый университет при правительстве РФ, Москва

Проблема реализации процессов холодного ядерного синтеза представляется многообещающей, но весьма неоднозначной. Несмотря на то, что некоторая часть научного сообщества убеждена в не возможности протекания ядерных реакций при низких температурах, в этом направлении ведутся активные экспериментальные поиски [1]. Наблюдаемый в экспериментах эффект весьма мал, но он, с одной стороны, выходит за рамки экспериментальной погрешности, а с другой – позволяет надежно регистрировать появление ядер радиоактивных элементов, наличие которых не фиксировалось до проведения экспериментальных процедур. Выполненные нами исследования позволяют пролить свет на возможный механизм протекания ядерных реакций при низких температурах, а так же предложить пути повышения эффективности ядерного синтеза без привлечения термоядерных и синхротронных установок.

Наши исследования по разработке и совершенствованию рентгеновских волноводно-резонансных структур позволили получить пучки рентгеновского квазимонохроматического излучения наноразмерной ширины повышенной радиационной плотности и незначительной угловой расходимости [2]. Реализация этих результатов оказалась возможной вследствие образования в плоском протяженном щелевом зазоре однородного интерференционного поля стоячей рентгеновской волны. Работы по улучшению параметров волноводно-резонансных структур показали, что интерференционное поле стоячей рентгеновской волны обладает удивительным свойством. Экспериментально известно, что скрещиваясь, любые радиационные потоки между собой не взаимодействуют. В то же время наши экспериментальные измерения показали, что независимые радиационные потоки могут в определенных условиях взаимодействовать между собой через взаимное влияние однородных интерференционных полей стоячих радиационных волн. Измерения выполнены с помощью потоков рентгеновских и

оптических квазимонохроматических излучений. Однако, хорошо известно о принципе корпускулярно-волнового дуализма, который справедлив и для частиц с ненулевой массой покоя [3]. В частности, экспериментально зарегистрированы интерференционные поля стоячих радиационных волн для потоков ультрахолодных нейтронов [4]. Таким образом, есть все основания предполагать, что взаимное влияние в определенных условиях однородных интерференционных полей радиационных стоячих волн, инициированных потоками ядер или атомов в системах, сходных по конструкции с рентгеновскими волноводно-резонансными структурами, позволят реализовать ядерное взаимодействие между этими потоками. Например, если удается найти способ формирования однородных интерференционных полей стоячих радиационных волн для потоков ядер дейтерия и условия сведения и взаимного влияния этих полей, то на выходе такой системы появится пучок ионов гелия, причем энергетический эффект от подобного слияния ядер дейтерия составит 26 МэВ на единичную реакцию. (К сведению, выход химической реакции на одну молекулу составляет 3-5 эВ.) Таким образом, радиационная нанофотоника позволяет предложить реальный механизм низкотемпературного ядерного синтеза и возможность построения на его основе высокоэффективных энергетических и силовых установок.

[1] E. Storm. The science of low energy nuclear reaction. World Scientific: New Jersey. 2007. 312 p.

[2] В.К. Егоров, Е.В. Егоров. Планарные рентгеновские волноводы-резонаторы. Реализация и перспективы. Lambert Acad. Press: Saarbrucken. 2017. 388 стр.

[3] L. de Broglic. The interpretation of wave mechanics // Foundation of physics. 1970. v1 (1). P. 5-15.

[4] Ю.В. Никитенко, В.Т. Сыромятников. Рефлектометрия поляризованных нейтронов. Физматлит: М. 2013. 218 стр.

ИНВЕРТИРОВАННЫЕ ОПАЛЫ ОКСИДА ЦИНКА

А.В. Григорьева [1], Н.А. Мартынова[2]

1) Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, anastasia@inorg.chem.msu.ru

2) Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, natalia.nn21@gmail.com

Пленочные структуры на основе оксида цинка перспективны для применения в составе фотовольтаических устройств, топливных элементов, сенсорных и биосенсорных систем, установок фотокаталитической очистки. Пленки ZnO со структурой инвертированного опала, благодаря своей уникальной архитектуре, привлекательны как покрытия с высокой прозрачностью и увеличенной площадью контакта материала с соседствующими функциональными слоями, что важно, в частности, для твердотельных солнечных элементов. Формирование инвертированных опалов ZnO было осуществлено путем пропитки коллоидным раствором ZnO (размер частиц 10-20 нм) упорядоченных матриц полистирольных микросфер, а также методом электрокристаллизации.

Оптимизированы условия синтеза инвертированных опалов на основе ZnO методом потенциостатического осаждения цинка из водных и неводных электролитов. Найдены условия, позволяющие избежать деламинации темплата в процессе электроосаждения. После термической обработки в окислительной атмосфере все полученные образцы однофазны и соответствуют фазе цинкита. Размер зерна ZnO варьируется и соответствует 50-70 нм для образцов, полученных из водных электролитов. Для электролитов на основе диметилсульфоксида (ДМСО) размер индивидуальных зерен фазы составляет 110-150 нм. С использованием метода фотолюминесцентной спектроскопии охарактеризована дефектность полученных пленок, произведена оценка времен жизни неравновесных носителей заряда. Изучены полное оптическое пропускание пленок и рассеяние в видимом и ближнем УФ диапазоне.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ ОКСИДА КРЕМНИЯ ДОПИРОВАНЫХ ФТОРОМ И ЧАСТИЦАМИ ЗОЛОТА ИМПУЛЬСНЫМ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Г.Е. Холодная, Р.В. Сазонов, Д.В. Пономарев

1) Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, galina_holodnaya@mail.ru

В настоящее время в современной физике твердого тела активно исследуются свойства нанокомпозитных структур, которые находят применение при создании материалов с наперед заданными свойствами. Создание композита на основе SiO_2 с различными допирующими элементами (Au, F) позволяет получить уникальные физико-химические свойства синтезируемого композита и расширить его область применения (в медицинской диагностике и лечении, в качестве сенсоров, бактерицидных материалов и др). В настоящей работе представлена возможность получения наноразмерных частиц оксида кремния допированых фтором и частицами золота импульсным плазмохимическим методом. Синтез нанокомпозитов проводился на базе импульсного электронного ускорителя ТЭУ-500 (энергия электронов 400-450 кэВ, длительность импульса на полувысоте 60 нс, энергия в импульсе до 200 Дж). Проведены исследования физико-химических свойств композиционных порошков Si_xO_y@Au и Si_xO_y@F. Морфология синтезированных частиц Si_xO_y@Au и Si_xO_y@F представлена частицами неправильной формы диаметром 20…100 нм. Оксид кремния в полученных нанокомпозитах аморфен. Мелкие частицы Au (5-15 нм), равномерно распределенные на поверхности более крупных частиц SiO_2. Относительное содержание кислорода и кремния в композите Si_xO_y@Au по данным EDX-спектров составляло 26 мас.% И 57 мас.% соответственно. Массовое содержание золота в композите составило 17 %. В композите Si_xO_y@F фтор, достаточно равномерно распределен по частицам наноматериала и в основном, находится на поверхности. Среднее содержание достигает 48 атм.%.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-73-10011).

ИМПУЛЬСНЫЙ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ОКСИДА ТИТАНА

Р.В. Сазонов, Г.Е. Холодная, Д.В. Пономарев

1) Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, sazonr@mail.ru

Наноразмерный диоксид титана широко используется в качестве фотокатализатора. Фотокаталитическая активность диоксида титана проявляется при облучении

ультрафиолетовой (УФ) частью спектра 320-400 нм. Диоксид титана является широкозонным полупроводником с Eg порядка 3–3.3 eV поэтому коэффициент поглощения солнечного спектра 4-5% и квантовый выход составляет менее 10 %. В связи с этим актуальными становятся исследования, посвященные выявлению факторов, влияющих на изменение ширины запрещенной зоны наночастиц диоксида титана и как следствие, увеличение фотокаталитической активности. В настоящей работе изменяя концентрацию исходных прекурсоров (CH_4, O_2) импульсным плазмохимическим методом синтезированы три партии наноразмерных углеродсодержащих композитов на основе диоксида титана. Морфология частиц композита $Ti_xC_yO_z$ представлена сферическими частицами, а также частицами в форме кубов и параллелепипедов. Встречаются, как крупные частицы, средний размер, которых превышает 150 нм, так и мелкие частицы, средний размер которых от 15-30 нм. Для полученных композитов характерно наличие оболочки из плотного слоя углерода толщиной 10-25 нм. В синтезируемых образцах содержатся две кристаллические фазы, характерные для диоксида титана – анатаз и рутил. Для определения характеристик межзонного поглощения материала был использован метод диффузного отражения, широко применяемый для непрозрачных материалов со сложной кристаллической структурой, включающей кристаллиты, дефекты упаковки и содержащих высокую концентрацию биографических дефектов $N>10^{19}$ $см^{-3}$. Для некоторых образцов ширина запрещенной зоны составила 2,76 эВ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-19020.

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ НАНО И МИКРО- МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ МЕТОДОМ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ

Султангазина М.Н.[1], *Габдуллин М.Т.*[1,2], *Щур Д.В.*[1], *Исмаилов Д.В.*[1], *Оразбаев С.А.*[1]

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

2) Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан

В настоящее время известно большое количество методов синтеза наноматериалов. Данные методы получения наноматериалов позволяют расширить структурное разнообразие наноматериалов и создать на их основе новые и уникальные композиционные материалы.

В работе был использован метод синтеза композиционных нано и микро-материалов электродуговым методом в жидкой фазе. Электродуговой метод в жидкой фазе является рентабельным методом для получения различных нано и микро материалов. Используемый метод обладает рядом преимуществ: он не требует использования вредных газов, обладает мягкими требованиями по оборудованию, поскольку не требуется вакуумного оборудования или дорогие лазеры. Предложенный метод в данной работе дает, возможность получения более широкого спектра материалов при варьировании условиями их синтеза. Данный метод позволяет изменять химический состав, как электродов, так и среды в которой проводится синтез.

Размеры полученных наноструктур определяли с помощью сканирующей электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа, спектроскопии комбинационного рассеяния. Результаты исследования показали, что размеры структуры нано и микро-материалов имели сферическую форму от 138 нм до 1 мкм.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОДУКТОВ ОСАЖДЕНИЯ ИЗ ПЛАЗМЫ ИМПУЛЬСНОЙ ВАКУУМНОЙ ДУГИ

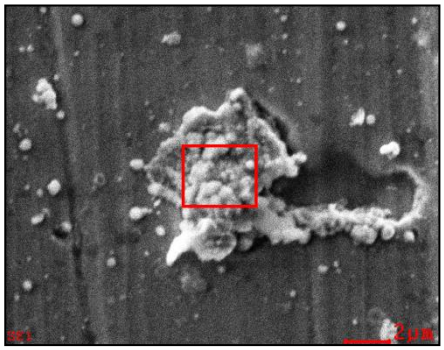
А.М. Жукешов, А.Т. Габдуллина, А.У. Амренова, М. Мухамедрыскызы

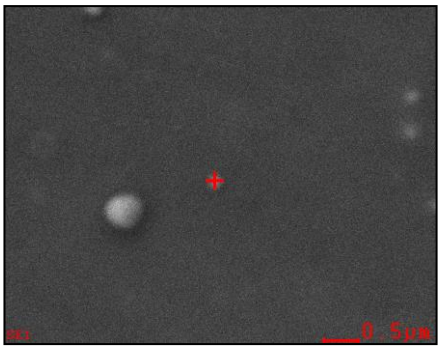
Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, zhukeshov@physics.kz

Распыление металлических катодов в дуговом разряде и осаждение продуктов плазмохимических реакций является хорошо известным способом получения стандартных наноматериалов, таких как производные углерода. В последнее время растет интерес и к другим технологическим возможности дугового разряда, например к получению композитных наноматериалов и порошков. В этом направлении особый интерес представляет использование импульсной вакуумной дуги, так как в этом случае появляется возможность варьировать параметры потока в более широком диапазоне.

Ранее, при распылении графита потоками импульсной плазмы на мощном коаксиальном ускорителе КПУ-30, нами получены шаровидные частицы углерода размерами 100-500 нм. Очевидно, следует ожидать аналогичного результата при распылении в плазме вакуумной дуги, что подтверждено в приведенном ниже эксперименте.

В данном исследовании представлены результаты изучения продуктов осаждения при распылении медного катода в вакуумной дуге. Продукты реакции осаждали на стальные полированные подложки. По данным РЭМ, продукты осаждения, в зависимости от давления газа в вакуумной камере, представляли собой тонкие пленки, конгломераты пылевидных образований и шаровидные частицы. По данным РСА при давлении 10^{-4} мбар осаждались сплошные очень тонкие пленки с количеством меди 26 Ат%, остальное железо 47 % и углерод до 24 %. Очевидно, присутствие железа связано с отражением от матрицы, а наличие большого количества углерода свидетельствует о попадании масла из вакуумной системы. Магнитная система для отделения капель от потока не использовалась, поэтому наблюдалось большое количество капель меди. При давлении 10^{-3} мбар обнаружено формирование более толстой пленки меди, а также образование сферических частиц, содержащих до 40% процентов меди по данным РСА. Размеры сферических частиц составили 100-600 нм и более. При давлении 10^{-2} мбар пленка меди опять становилась более тонкой, цвет становился зеленоватым, что свидетельствует об окислении медной пленки кислородом, присутствие которого до 27% наблюдалось по данным РСА. Также наблюдались конгломераты мелких сферических образований, состоящих их меди на 29 %. На рисунке показаны характерные участки поверхности стальной подложки с шаровидными образованиями при различном давлении в камере.





Осажденные частицы меди при давлении в камере 10^{-2} – 10^{-3} мбар

Таким образом, в данном исследовании показано, что существует оптимальное давление в вакуумной камере, когда распыляемый материал осаждается в виде отдельных частиц шаровидной формы. При более высоком давлении отдельные частицы формируются в конгломераты, а при более низком получаются тонкие пленки, не содержащие отдельных частиц. Данный результат можно использовать для поиска оптимальных режимов при разработке технологии получения нанопорошков дуговым методом.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСТРАГЕНТ-СОДЕРЖАЩИХ МИКРОЭМУЛЬСИЙ ДЛЯ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЦИНКА ИЗ ОКСИДНОГО СЫРЬЯ

М.Ю. Купцова, А.С. Полякова, Н.М. Мурашова, Е.В. Юртов

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

Одной из актуальных проблем современного мира является переработка вторичного техногенного сырья с целью извлечения цветных металлов. На кафедре наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева был разработан метод выщелачивания металлов из твёрдого сырья, в том числе вторичного, с помощью наноструктурированных сред - экстрагент-содержащих микроэмульсий [1]. Целью работы было изучение выщелачивания цинка из оксидного сырья с помощью экстрагент-содержащих микроэмульсий различного состава.

Все использованные в работе микроэмульсии были стабильны в интервале температур от 20 до 80 °С, имели структуру «вода в масле», гидродинамический диаметр капель микроэмульсий находится в диапазоне 5–14 нм. Выщелачивание проводили на модельной системе с оксидом цинка.

В ходе исследования было установлено, что для процесса извлечения цинка наиболее эффективной оказалась микроэмульсия в системе додецилсульфат натрия (SDS) – бутанол-1 – керосин – вода в присутствии экстрагента ди-(2-этилгексил)фосфорной кислоты. После выщелачивания концентрация цинка в микроэмульсии составила 106 ммоль/л, что в два раза больше, чем в такой же микроэмульсии в присутствии капроновой кислоты и в системе Д2ЭГФNa - Д2ЭГФК - керосин – вода, а также в четыре раза больше, чем в микроэмульсии в системе SDS – бутанол-1 – керосин – вода в присутствии экстрагентов трибутилфосфата и уксусной кислоты.

Литература

1. Юртов Е.В., Мурашова Н.М. Способ извлечения металлов из твёрдофазного сырья // Патент RU № 2349652 (Россия) от 17.03.2007 г., опубликовано 20.03.2009., бюл. № 8.

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКАЯ ДЕГРАДАЦИЯ РОДАМИНА-В ПОД ДЕЙСТВИЕМ НАНОЧАСТИЦ ZNO

Е.Ю. Кедрук[1], Р.Е. Уалиханов[1], Л.В. Гриценко[1,2], Х.А. Абдуллин[2]

1) Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, ул. Сатпаева 22, г. Алматы, Казахстан

2) Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа при КазНУ им. аль-Фараби, пр. аль-Фараби, 71, г. Алматы, Казахстан

В последнее время процесс фотокаталитической деградации приобретает всё большее значение при очистке сточных вод, содержащих небольшие количества тугоплавких органических веществ. Данный процесс по сравнению с другими способами очистки обладает рядом преимуществ, таких как полная минерализация, отсутствие проблемы удаления отходов, низкая стоимость и отсутствие необходимости в исключительно мягких условиях для температуры и давления.

В данной работе синтез наночастиц (NPs) ZnO осуществлялся при отжиге дигидрата ацетата цинка $(CH_3COO)_2Zn{\times}2H_2O$ в муфельной печи в атмосфере при температурах 400°C и 700°C, продолжительность отжига составила 2, 4 и 10 часов. При этом масса полученного образца ZnO NPs составляла 1/4 - 1/3 от массы ацетата цинка.

Измерение фотокаталитической активности полученных образцов ZnO NPs проводилось в отношении деградации тестового вещества - красителя Родамина-B (Rhodamine-B) под действием ультрафилетового освещения.

Для полученных образцов ZnO NPs, фотокаталитическая деградация родамина-B в присутствии которых протекала наиболее интенсивно, были исследованы морфология, структурные, оптические и фотолюминесцентные свойства (ФЛ).

Согласно результатам исследования электронной микроскопии полученные образцы обладают геометрическими параметрами меньше, чем у заводского образца ZnO. При этом более мелкие порошки синтезированы при 400°C по сравнению с полученными при 700°C при соответствующей продолжительности отжига.

Измерения XRD были выполнены при одних и тех же условиях для всех образцов. Все исследуемые образцы ZnO демонстрировали гексагональную структуру вюрцита, близкую к эталонному образцу (карта JCPDS № 01-080-0075) с параметрами решётки a - 3.2539 A˚, b - 3.2539 A˚ c - 5.2098 A˚.

Замечено, что увеличение продолжительности отжига и повышение температуры отжига ацетата цинка до 700°C способствует увеличению рамановского сигнала и формированию кристаллической структуры ZnO.

Исследование фотокаталитической деградация родамина-B под действием УФ-излучения в присутствии синтезированных порошков показало, что полученные образцы ZnO NPs обладают большей фотокаталитической активностью, чем заводской ZnO, при этом фотокаталитическая активность возрастает с увеличением продолжительности отжига ацетата цинка.

Спектры ФЛ всех рассмотренных образцов содержат пики, сооответствующие собственной ФЛ (на длине волны 380 нм) и широкой полосы примесной ФЛ. Отмечено, что наименьшая интенсивность фотолюминесценции соответствует наиболее фотокаталитически активным образцам ZnO.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА МОРФОЛОГИЮ НАНОРАЗМЕРНОГО ПОРОШКА ОКСИДА ЦИНКА

А.А. Хархуш, А.А. Сейткасымова, Х.Т. Хоанг, Е.В. Юртов

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

Оксид цинка применяется в различных оптических и электрических устройствах, газовых датчиках, биосенсорах, солнечных элементах, для доставки лекарств. Наночастицы цинка могут быть использованы как замедлители горения полимерных композиционных материалов [1]. Целью настоящей работы было исследование влияния температуры процесса сушки на морфологию нанопорошка оксида цинка. В ходе работы были получены наностержни оксида цинка и изучены свойства и структура вещества.

Нанопорошок оксида цинка получали из 0,4 М водного раствора нитрата цинка в этаноле ($Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) и 0,8 М водного раствора гидроксида калия (KOH) в этаноле. После полного растворения нитрата цинка по каплям добавляли 0,8 М водный раствор KOH при высокой скорости перемешивания. После полного добавления KOH реакция протекала в течение 2 часов при постоянном перемешивании. После отстаивания раствор центрифугировали и осадок удаляли. Осажденные наностержни ZnO трижды очищали деионизированной водой и этанолом для удаления побочных продуктов, а затем сушили в атмосфере воздуха при температуре 60°C в первом эксперименте.

Во втором эксперименте температура сушки была 500°C, в третьем – 700°C.

В ходе исследования было установлено, что для получения нанострежней оксида цинка наиболее подходящей температурой процесса сушки является 700°С.

1. 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

ПОЛУЧЕНИЕ СТАБИЛЬНЫХ ДИСПЕРСИЙ НАНОЧАСТИЦ ЗЕИНА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАПСУЛИРОВАНИИ

С.Б.Айдарова[1,2], А.Б.Исаева[1], А.А.Шарипова[1], Д.Григорьев[3]

1-Казахский национальный исследовательский технический университет

им. К.И.Сатпаева, Алматы, Казахстан

2- Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан

3- Институт Фраунгофера прикладных исследований полимеров, Потсдам, Германия

*E-mail: ainano9999@gmail.com

Зеин является основным белком, присутствующим в кукурузе, на который приходится около 50% общего содержания белка. Он относится к классу проламина и состоит из липофильных аминокислотных остатков. На α-зеиновую форму приходится более 70% всего белка зеина, который является коммерчески доступным. Благодаря своей высокой способности биоразлагаемости и биосовместимости, зеин используется в системах с модифицированным высвобождением для доставки ферментов, лекарств и эфирных масел среди других веществ. В этой связи, представляет интерес использования зеина для получения стабильных латексов для использования в капсулировании.

В работе были получены стабильные дисперсии наночастиц белка проламина в воде, проверены различные возможности получения биополимерных латексов повышенной концентрации. Выявлено, что стабильные латексы зеина могут быть получены путем осаждения анти-растворителем из водно- этанольного растворов зеина. Частицы зеина имеют положительный заряд при pH = 4, что обеспечивает их электростатическую устойчивость против флокуляции. Определена оптимальная концентрация дисперсий наночастиц белка проламина в воде. Выявлено, что концентрация латекса зеина может быть увеличена за счет увеличения концентрации зеина в водном растворе этанола или объемного раствора зеина/воды при осаждении антирастворителем. Также

выявлено, что латексы зеина могут быть успешно сконцентрированы путем ротационного испарения с получением до 10% масс./масс. концентрации зеина. Такие концентрации могут быть пригодны для коммерческого применения.

Также представлял интерес исследование возможности получения композитных наночастиц зеин/шеллак путем противорастворительного совместного осаждения зеин/шеллак из их водных растворов этанола.

Подобраны оптимальные условия получения композитных наночастиц и оптимальный состав компонентов: композиты наночастиц 2% зеина/шеллака с отношением массы зеина/шеллака 0,8/0,2 и 0,5/0,5 являются наиболее стабильными при pH 3 и pH 8.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭМУЛЬСИЙ ДЛЯ КАПСУЛИРОВАНИЯ АКТИВНЫХ РЕАГЕНТОВ

С.Б.Айдарова[1,2], А.Б.Исаева[1], А.А.Шарипова[1], Р.Миллер

1-Казахский национальный исследовательский технический университет

им. К.И.Сатпаева, Алматы, Казахстан

2- Макс-Планк Институт коллоидов и поверхностей, Потсдам, Германия

*E-mail: ainano9999@gmail.com

Актуальной проблемой коллоидной химии и нанотехнологий научно-прикладного значения является разработка перспективных эффективных технологий капсулирования функциональных реагентов, широко применяемых в практике. В этом аспекте перспективны композиционные материалы, способные эффективно модифицировать практически важные свойства дисперсных систем, применяемых широко во всех отраслях производства, добычи и переработки. Применение прямых, двойных, множественных эмульсий для капсулирования вызывает значительный интерес в связи с их способностью напрямую капсулировать активные вещества.. В связи с этим представлял интерес установления особенностей и оптимальных условий эмульгирования синтетическими и природными композиционными материалами.

В данной работе установлены оптимальные условия (режим, амплитуда и время эмульгирования) эмульгирования синтетическими (АОТ) и биосовместимыми (казеинат натрия) системами. Исследован электрокинетический дзета- потенциал и распределение размеров по интенсивности первичных эмульсий, стабилизированной биополимером казеинатом натрия, синтетическим ПАВ АОТ, изучено влияние на размер элементарных эмульсионных капель и морфологию эмульсий, выявлено влияние pH казеината натрия на размер первичных эмульсий.

ФОРМИРОВАНИЕ ДЕПОЗИТА В ДУГОВОМ РАЗРЯДЕ ПРИ СИНТЕЗЕ ЭНДОФУЛЛЕРЕНОВ

Аханова Н.Е.[1,2], Габдуллин М.Т.[1,2], Щур Д.В.[1]

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

2) Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан

Эндофуллерены - один из самых замечательных и мало изученных классов соединений, появившихся за последних 25 лет. Они образуются в результате внедрения атомов или ионов внутрь углеродного сферического каркаса. Однако уникальность эндофуллеренов состоит не в том, что атомы или ионы внедряются внутрь фуллереновой сферы, а в том, что их пленение фуллеренами является практически необратимым процессом.

Влияние различных химических элементов на плазменное формирование фуллереновой сферы мало изучено. Известно, что присутствие металлов группы железа и иттрия способствует образованию УНТ, а не сферических наноструктурных модификаций углерода (НМУ). Добавки некоторых металлов приводят к образованию предпочтительно С70, а не С60 фуллереновых молекул и эндофуллеренов.

В настоящей работе использовали дуговую вакуумную плазмохимическую установку (рис.1) с диаметром реактора 150 мм, в качестве источника углеродного пара использовался графит марки МПГ-7 в виде стержней квадратного сечения 9*9 мм и длиной 300 мм. (рис.2)

Рис. 1 Дуговая плазмохимическая установка

Рис. 2 – графитовые стержни с полой серединой

В работе изучены особенности формирования депозита в дуговом разряде при синтезе эндофуллеренов.

Показано, что при испарении графита образующийся депозит состоит из углеродных нанотрубок и некоторого количества графитизированной массы, находящейся как между пучками нанотрубок, так и в основной части, образующей жесткий каркас вокруг сердцевины.

НАНОСТРУКТУРНЫЕ ПРОДУКТЫ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ПРИ ОКИСЛЕНИИ МИКРОННОГО ПОРОШКА АЛЮМИНИЯ ВОДОЙ В УЛЬРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ

Н.С. Шайтура[1] ,О.О. Ларичева[1], М.Н.Ларичев[1]

1) Институт Энергетических проблем Химической Физики РАН им. Тальрозе, Москва, tesh-s@yandex.ru

Процесс окисления алюминия водой привлекает большое внимание исследователей и как источник H_2 и энергии, и как способ производства ценных оксидов и гидроксидов алюминия. Потребительские свойства последних зависят от чистоты, фазового состава, структуры и форморазмеров частиц. В свою очередь, чистота, фазовый состав и форморазмеры частиц определяются элементным составом реагентов, режимом окисления алюминия, температурой проведения процесса и способами его активации и т.п. При условии придания оксидам и гидроксидам алюминия заданных свойств, они могут быть востребованы и как для непосредственного использования (адсорбенты, абразивы, катализаторы, сырье для производства лейкосапфира и др.) и как исходные компоненты для создания новых композиционных материалов с уникальными свойствами (керметов и др.).

В работе [1] нами была предложена ультразвуковая (УЗ) активация процесса окисления дисперсного алюминия водой. Установлено, что ультразвук обеспечивает полное окисление дисперсного алюминия с размером частиц несколько микрон. В зависимости от характеристик УЗ поля и таких параметров окисления (температура и pH среды, соотношения реагентов $Al:H_2O$) использование УЗ активации может изменять скорость процесса на несколько порядков. Исследование образующихся твердых продуктов окисления показало взаимосвязь скорости окисления Al частиц и структуры образующихся продуктов, которые условно могут быть разделены на 3 группы:

- для 1й группы процесс окисления характеризуется кинетической кривой с единственным максимумом газовыделения, при этом после прохождения максимума и окисления относительно небольшого (до 30%) количества Al процесс практически останавливается. Исследование продуктов окисления показывает, что при этом образуются частицы, имеющие металлическое ядро, и оболочку, состоящую из аморфного $Al(OH)_3$ со структурой поверхности, известной в литературе как «nanowalls» (рис. 1а). Значение удельной поверхности продуктов окисления превышает 60 $м^2/г$ для окисленного образца, а в пересчете на образующийся $Al(OH)_3$ составляет до 110 $м^2/г$.

- для 2й группы процесс окисления характеризуется высокой степенью переработки металлического алюминия и наличием двух (а в некоторых случаях и трех) максимумов на кинетической кривой скорости выделения водорода. Скорость окисления алюминия обычно составляет несколько десятков см^3/мин*г. Продуктами окисления при степенях превращения металла ~ 60%, являются ламеллярные структуры с характерными размерами несколько микрон (рис.1б), состоящие из пластинчатых образований гидроксида алюминия, имеющих толщину несколько десятков нанометров, которые по мере увеличения степени превращения срастаются друг с другом, образуя микронные кристаллы гидроксида алюминия;

- для 3ей группы характерен быстрый (скорость окисления возрастает на 1-3 порядка по сравнению с первыми двумя группами) процесс окисления и полное окисление металлического алюминия. Кинетические кривые имеют один единственный максимум газовыделения. При этом образуется наноразмерные кристаллы гидроксида алюминия с размером частиц 20-150 нм и удельной поверхностью более 40 м^2/г (рис. 1 в).

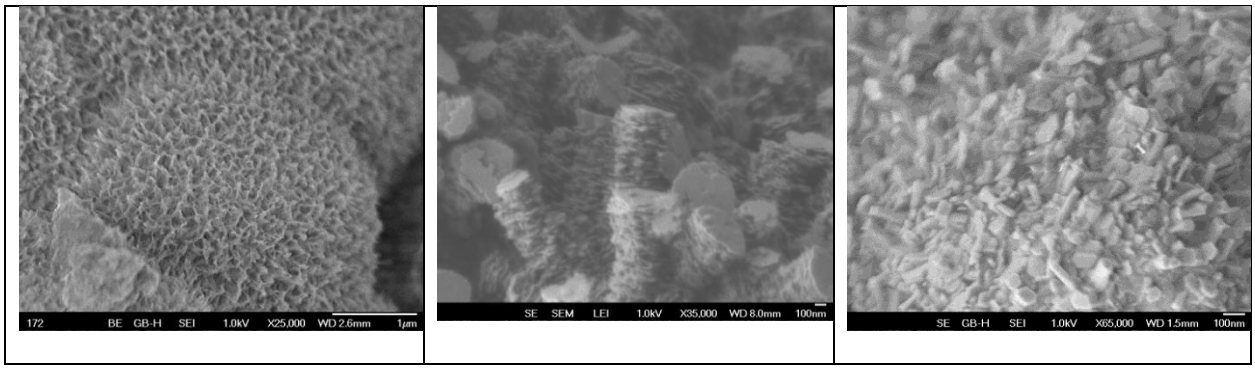


Рис.1. Электронно-микроскопические снимки продуктов окисления алюминиевого порошка АСД-4 (средний размер частиц 4 мкм) водой: а – первая группа, б - вторая группа, в – третья группа.

Таким образом, использование УЗ активации позволяет синтезировать дисперсный гидроксид алюминия с заданными параметрами частиц.

1. М.Н.Ларичев, Н.С. Шайтура, О.О.Ларичева. Влияние УЗ поля на окисление водой Al порошков //Химическая физика, т. 27, №9, 2008, с. 95-98

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА. ИЗМЕРЕНИЕ ВЯЗКОСТИ. ИЗМЕРЕНИЯ В НЕПРОЗРАЧНЫХ ОБРАЗЦАХ

В.Н. Курьяков, И.К. Юдин, В.А. Дешабо, В.И. Косов, Д.И. Юдин

Институт проблем нефти и газа РАН (ИПНГ РАН), Москва,

Vladimir.kuryakov@gmail.com

Метод динамического рассеяния света (*Dynamic Light Scattering, DLS*) – это оптический метод предназначенный для измерения размеров нано- и субмикронных частиц в жидкости в диапазоне размеров от 0,5 нм до нескольких микрометров. Измерения данным методом основаны на анализе спектра рассеянного на частицах лазерного излучения. Данный метод позволяет изучать такие объекты, как: наночастицы, микроэмульсии, мицеллы, белки и другие. Метод применим для исследования процессов агрегации, фазовых и структурных переходов в нано- и субмикронных объектах в жидкостях.

В классической схеме экспериментальной установки, данным методом можно проводить измерения размеров наночастиц только в прозрачных образцах. В докладе будет представлено описание специальных оптических схем, позволяющих применять данный метод к непрозрачным образцам.

Метод динамического рассеяния света может быть применим для измерения динамической вязкости жидкости, при условии, что в эту жидкость диспергированы наночастицы заранее известного размера. В этом случае из анализа флуктуаций интенсивности рассеянного света можно определить не размер частиц, а вязкость жидкости. В докладе будут представлены результаты измерений температурных зависимостей вязкости различных жидкостей, полученные описанным способом.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ КВАНТОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НАКОПЛЕНИЯ, ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ТРАНСПОРТА ЭНЕРГИИ В НАНОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ

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 технический университет, Барнаул, zhukovsky@list.ru

COMPUTER SIMULATION OF HYBRID QUANTUM TECHNOLOGIES OF ENERGY ACCUMULATION, CONVERSION AND TRANSPORT IN NANOENERGY MATERIALS

S.A. Beznosyuk[1], O.A. Maslova[2] , M.S. Zukovsky[3],

1) Altai State University, Barnaul, bsa1953@mail.ru

2) Altai State University, Barnaul, maslova_o.a@mail.ru

3) Altai State Technical University, Barnaul, zhukovsky@list.ru

In this paper fundamental research and development of attosecond and femtosecond hybrid quantum technologies for creating highly efficient binary infrastructure for the accumulation, conversion and transport of energy in nanomaterials is carried out by using computer simulation.

The scientific novelty lies in the fact that the physical chemistry of the binary infrastructure depends on the quantum mechanisms and laws of functioning of two subsystems of electronic excitations at the supraatomic scale level (0.1 nm - 10 nm) of nanoenergy material. The first subsystem is one-electron excitations of quantum-sized nanomolecular systems (NMS), which accumulate, convert and transport femtosecond energy pulses. The second subsystem is subatomic quantum-entangled two-electron excitations of quantum-sized nanoelectromechanical systems (NEMS), which accumulate, convert and transport attosecond energy pulses [1]. In this case, the features of the functioning of two subsystems of electronic excitations are described by two different conceptual approaches.

For the subsystem of single-electron excitations of quantum-sized NMS, these are the quantum mechanisms and regularities of the femtochemistry of atomic-molecular

systems. For the subsystem of two-electron excitations of quantum-sized NEMSs, these are the quantum mechanisms and laws of the subatomic attophysics of quantum-entangled nuclear-electronic systems of nonequilibrium condensed states.

In the work, computer simulated modes of functioning of the infrastructure of femtosecond energy pulses due to atomic-molecular one-electron excitations of the NMS of the supraatomic scale level of materials have been carried out using standard quantum-chemical software packages, taking into account the influence of a weakly excited physical medium in continual models.

Computer simulations of the functioning of the infrastructure of attosecond energy pulses due to entangled two-electron excitations in the supraatomic scale level NEMS of materials have been carried out using the software package of quantum NEMS kinetics, which takes into account the effects of quantum entanglement and quantum contextualization of the NEMS motion.

In the paper it takes under consideration some computer studies of quantum technologies for obtaining binary infrastructure for the accumulation, conversion and transport of energy in nanoenergy materials of the following type: carbon and boron nitride nanosystems, transition metal nanosystems, and their compounds. The choice for the study of these types of materials nanoenergy due to the fact that they are the most promising in the creation of new hydrogen fuel cells, hydrogen accumulators, engines of nanomachines.

1. Beznosyuk S.A., Maslova O.A., Maksimov D.Yu. and Zhukovsky M.S. Attosecond nanotechnology: from subatomic electrostatic strings entangling electron pairs to supra-atomic quantum nanoelectromechanical systems energy storage in materials // Int. J. Nanotechnol. 2018, Vol. 15, Nos. 4/5, pp.245–257.

Нанотехнологии в микроэлектронике и приборостроении

МЕТРОЛОГИЯ АТОМАРНОГО И НАНОМЕТРОВОГО МАСШТАБА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ ТЕХНИКИ

Виктор А. Быков [1,2], Юрий Бобров[1], Вячеслав В. Поляков[1] , Павел Винар[1], Андрей Груздев[1], Евгений Кузнецов[1], Сергей Тимофеев[1], Артем В. Шелаев[1]

[1] Группа компаний NT-MDT-Spectral Instruments

www.ntmdt-si.com, spm@ntmdt-si.ru

[2]Московский Физико-технический институт

vbykov@ntmdt-si.ru

Введение

К настоящему времени сканирующая зондовая микроскопия вошла в состав классических методов исследования наноструктур и широко используется для качественной оценки физико-химических свойств и геометрических параметров поверхностей.

Для этого интенсивно развиваются т.н. комбинированные методы, позволяющие одновременно работать в режимах атомно силовой микроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния (Рамановскую), люминесцентной спектроскопии, безапертурной ближнепольной микроскопии с возможностью визуализации распределение модулированного вибрирующим зондом рассеянного излучения в видимом, ИК и терагерцовом диапазонах длин волн с разрешением до 10 нм.

В результате интенсивного развития микроэлектроники, появились новые, мощные микропроцессоры, программируемые логические интегральные схемы, появляются схемы адаптивной логики, позволяющие создавать приборы с элементами искусственного интеллекта, что существенно снижает требования к уровню пользователя приборов. Уже в настоящее время в функциях приборов введена возможность быстрого, автоматического подбора параметров сканирования, что делает приборы доступными для материаловедов и, даже, школьников. В результате всего этого среднее возможно постоянно усиливать возможности приборов – среднее время морального старения сегодня не превышает 5 лет – это время разработки новых контроллеров и программного обеспечения.

Увеличение скорости сканирования

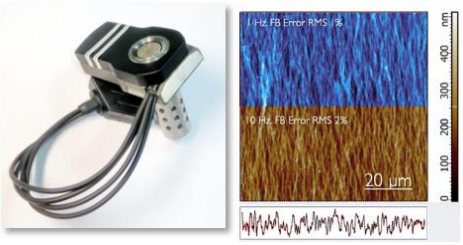


Рис.1. Высокочастотный сканер и результат сканирования со строчной частотой 1 и 10 Гц.

В настоящее время интенсивно развиваются новые опции сканирующих зондовых микроскопов, больше, чем на порядок увеличена скорость сканирования без потери качества получаемых результатов. На рис. 1 показан новый сканер, который легко встраивается в приборы линии ИНТЕГРА, Солвер-Опен. Близкий по конструкции и

параметрам сканер интегрирован и в приборы для изучения «больших» поверхностей линии ВЕГА [4] и НЕКСТ [1,2].

Созданы и высококачественные сканирующие зондовые микроскопы эконом класса. Это НАНОЭДЬЮКАТОР-2 и СОЛВЕР-НАНО [5]. Это приборы, достаточно простые в обслуживании с ручными системами настройки и позиционирования системы зонд-образец, но, тем не менее обеспечены возможностями работать практически во всех модах сканирующей зондовой микроскопии и обеспечивающие возможность получения высококачественных результатов с использованием6 в том числе мод с возможностями автоматической настройки параметров сканирования.

Для минимизации влияния внешних факторов (изменения температуры, влажности, акустических шумов, низкочастотных вибраций) разработан специальный термостатирующий шкаф [6], обеспечивающий возможность эффективной работы со СЗМ в обычных лабораторных условиях.

Комбинированные системы

Существенно улучшены параметры систем, включающих как методы сканирующей зондовой микроскопии, так и методы люминесцентной спектроскопии, высокоразрешающей спектроскопии комбинационного (Рамановского) рассеяния (TERS – Tip Enhanced Raman Scatterings).

Рис.2. Комбайн СЗМ, Рамановской и люминесцентной спектроскопии ИНТЕГРА-СПЕКТРА-2М [3].

Развитие методов безапертурной ближнепольной спектроскопии с инициацией рассеяния как в видимом, так и в инфракрасном и терагерцовом спектральном диапазоне позволяет добиться нанометрового пространственного разрешения, что позволяет развивать исследования в наноплазмонике, получать информацию о пространственном распределении молекулярных ансамблей и отдельных функциональных групп, «читать « последовательность распределения оснований в сложных полимерных молекулах. Для этого требуется перестраиваемые источники излучения. Для ИК диапазона возможно использование для этих целей квантово-каскадных лазеров. К сожалению, в настоящее время единственной компанией производителей таких лазеров является компания Daylight Solutions Inc., San Diego, CA 92128 USA, что в сложившихся обстоятельствах несколько затрудняет взаимодействие и, неизбежно, ведет к существенным финансовым потерям. С другой стороны, в России, в Сибирском ЦКП - центре синхротронного и терагерцового излучения создан и успешно работает мощный перестраиваемый лазер на свободных электронах, на котором имеется возможность создания исследовательских станций как на средний ИК, так и на терагерцовый диапазон длин волн. В настоящее время проработан

проект таких станций. Станция ближнепольной безапертурной ИК спектроскопии может работать как на воздухе, так и в контролируемой газовой атмосфере. Для терагерцового диапазона предполагается создание низкотемпературной (5К) сверхвысоковакуумной системы, что обеспечит возможность расшифровки субмолекулярного строения сложных биоорганических молекул.

Интеллектуальное ПО для АСМ – Программный модуль ScanTronic

Наиболее часто применяемый режим сканирующей атомно-силовой микроскопии – резонансный амплитудо-модуляционный или «тэппинг» режим (АМ-АСМ) Называют его и «полуконтактный». Метод основан на регистрации зависимости амплитуды резонансных колебаний кантилевера от расстояния между поверхностью образца и зондом. АМ-АСМ часто предпочитают другим методам АСМ, так как он относительно прост в реализации и для большинства объектов может быть неразрушающим.
Тем не менее, как оказывается, значительная часть АМ-АСМ изображений может содержать артефакты, обусловленные неконтролируемыми перескоками режима колебаний кантилевера в процессе сканирования, в особенности это характерно для сильно неоднородных поверхностей. При этом наблюдается избыточный шумом измеряемых сигналов, отрыв зонда от поверхности образца (эффект парашютирования). Эти искажения могут повлиять на интерпретацию результатов и привести к неверным выводам.
Чтобы избежать артефактов и достичь высокого качества изображения, пользователь во время сканирования должен вести подстройку основных параметров, включая скорость сканирования, амплитуду колебаний зонда, рабочее значение амплитуды (сет-пойнт), параметры обратной связи и т. д. Это особенно важно для образцов с большой шероховатостью, слабо закрепленных на поверхности объектов (наночастицы, нанотрубки, одиночные молекулы) мягких материалов (гели, мягкие полимеры, биологические объекты).
Эффективная коррекция параметров сканирования требует не только хорошего понимания работы микроскопа и того, как различные параметры влияют на качество изображения в различных сценариях, но и опыта работы с различными типами образцов для надежного получения приемлемых изображений. Все это не самым лучшим образом сказывается на производительности АСМ. Это создает еще одно препятствие в эффективном использовании АСМ, поскольку получение опыта требует доступа к образцам и времени, необходимого для изучения прибора и техники сканирования.
В настоящее время появилась аппаратная возможность автоматической настройка параметров для получения изображений в АМ-АСМ, позволяющая избежать траты большого количества времени и усилий на освоение и работу, повысить эффективность его использования. Для этого в программном обеспечении приборов серии ИНТЕГРА, ВЕГА, СОЛВЕР-НАНО компании НТ-МДТ Спектрум Инструментс появился интеллектуальный программный модуль ScanTronic™, позволяющий пользователю быстро начать получать качественные достоверные результаты на своих образцах в АМ-АСМ.

Программный модуль ScanTronic™ использует нейронные сети для автоматической настройки параметров сканирования и обработки изображений в АМ-АСМ. Требуя минимальных знаний о свойствах образца и минимального участия пользователя,

ScanTronic™ полезен не только для начинающих, но и для опытных пользователей, особенно в тех случаях, когда характеристики рельефа образца заранее неизвестны.

ScanTronic™ снижает уровень шума до минимума, значительно уменьшает дефекты изображения рельефа за счет уменьшения количества затяжек (эффекта парашютирования), возбуждения обратной связи и перескоков между режимами притяжения и отталкивания в АМ-АСМ, обеспечивая получение высококачественных достоверных результатов на образцах с различными характеристиками поверхности.

Алгоритм модуля выявляет дефекты во время процедуры настройки и устраняет или уменьшает их за счет оптимизации параметров обратной связи, а также настройки величины амплитуды колебаний кантилевера, значения рабочей точки (сет-пойнт) и скорости сканирования.

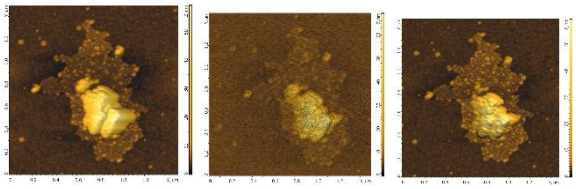


Рис.3 Изображение рельефа поверхности фторалканов на кремнии, полученное при недостаточной (слева), избыточной(середина) и оптимальной (справа) величине коэффициентов усиления обратной связи. При недостаточной величине мелкий рельеф воспроизводится хорошо, но на высоких объектах возникает дефект типа «затяжки» («парашютирование»). При избыточной величине изображение становится зашумленным из-за возбуждения обратной связи. При оптимальной величине усиления обратной связи мелкий и крупный рельеф воспроизводятся без дефектов и с минимальным шумом.

На рис.3 представлен пример неоптимальной настройки обратной связи (слева и в центре) в сравнении с изображением, когда коэффициенты усиления обратной связи подобраны оптимально.

Один из наиболее распространенных дефектов в АМ-АСМ, который вызван перескоками между режимами притяжения и отталкивания, обусловлен неправильным выбором величины амплитуды колебаний зонда и значения сет-пойнт. Рельеф на таких изображениях выглядит «рваным» и во многих случаях вместе с некачественными результатами может привести исследователя к неверным выводам. ScanTronic™ устраняет или значительно минимизирует этот тип дефектов благодаря надежному контролю силы путем автоматической настройки амплитуды и рабочей точки в соответствии со свойствами образца и позволяет контролируемо сканировать только в режиме притяжения или отталкивания. На Рис.4 приведены примеры изображений, полученных в режиме притяжения и в случае, когда происходят перескоки между режимами притяжения и отталкивания.

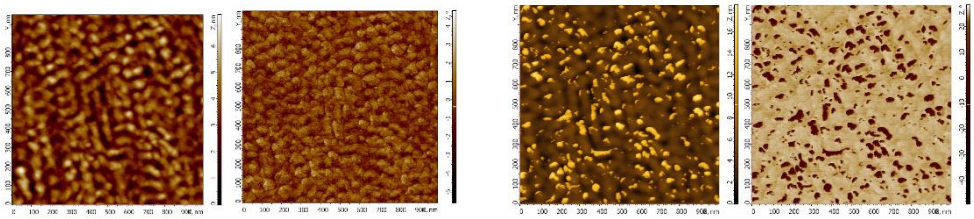


Рис.4 Вверху: изображения рельефа (слева) и фазового контраста (справа) PS-b-PMMA, полученные при сканировании в режиме притяжения. Внизу: изображения рельефа (слева) и фазового контраста (справа) с дефектами, вызванными перескоками между режимами притяжения и отталкивания. Светлые области на изображении рельефа и соответствующие им темные на изображении фазового контраста обусловлены изменением режима колебаний зонда.

Одним из преимуществ сканирования в режиме притяжения является сохранение остроты зонда, что значительно увеличивает его срок службы. Однако, наличие на поверхности отдельных участков с крутым рельефом, например, одиночно лежащей крупной частицы, может привести к повреждению острия. Алгоритм ScanTronic отслеживает сигнал ошибки обратной связи и препятствует разрушению острия зонда в процессе настройки и сканирования.
Программный модуль ScanTronic™ также позволяет стабильно контролировать малую силу взаимодействия образца с зондом в режиме притяжения и делает визуализацию сложных и мягких образцов повторяемой и рутинной процедурой.

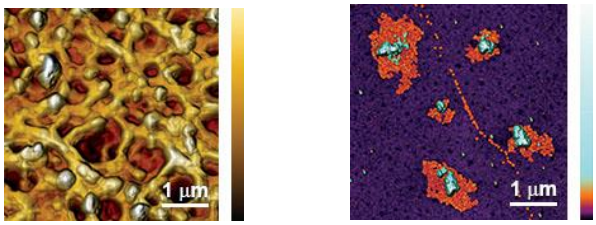


Рис.5 Изображения рельефа нитроцеллюлозной мембраны с шероховатым рельефом поверхности (слева) и частиц фторалакана, слабо связанными с поверхностью (справа).

Модуль ScanTronic™ имеет дружественный интерфейс, который позволяет сразу запускать процедуру получения изображения. Для проведения измерения, в зависимости от задачи, выбирается режим притяжения или отталкивания в АМ-АСМ, а затем начинается сканирование.

В то же время все индикаторы качества изображения и расширенный набор элементов управления по-прежнему доступны для опытных пользователей, которые хотят иметь полный контроль параметров в процессе сканирования.

Устранение артефактов в АМ-АСМ

Наличие на поверхности образца областей с относительно резкими перепадами высот может привести к тому, что на крутых участках могут возникнуть дефекты, связанные с отрывом зонда от поверхности («парашютирование»). Часто бывает так, что изображение почти всей сканируемой поверхности имеет высокое качество и такого рода дефекты проявляются только на нескольких небольших участках, как правило, связанных с

отдельными частицами. В результате качество полученного изображения оказывается неприемлемым и требуется повторное сканирование данной области.

Встроенный в программу алгоритм GTransform™ позволяет устранять дефекты «парашютирования» на изображении рельефа. В результате из изображения посредственного качества получается вполне приемлемый результат, как это показано на рис.6

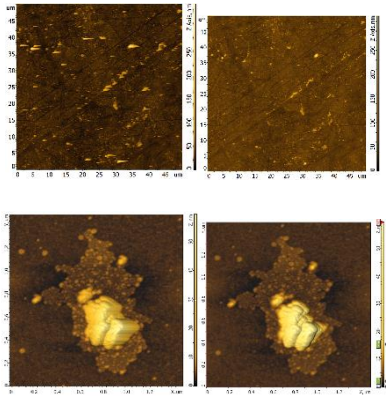
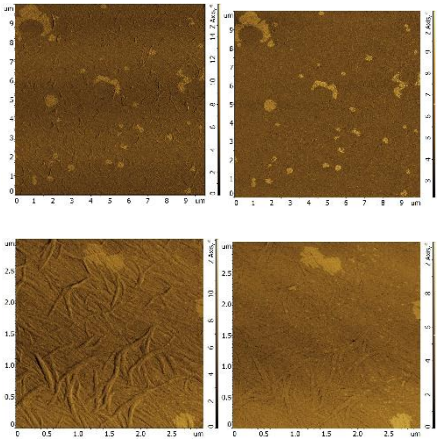


Рис.6 Изображение рельефа до и после применения GTransform™ для коррекции эффекта «парашютирования». GTransform™ устраняет «затяжки», возникающие из-за отрыва зонда от поверхности на объектах с крутым склоном.

Кроме того, алгоритм GTransform™ позволяет извлечь из сканированного изображения значимую информацию. Действительно, изображения фазового контраста, тока растекания или латеральных сил содержат наряду с информацией, связанной с гетерогенностью свойств поверхности, также контраст, обусловленный рельефом, который в некоторых случаях может в значительной степени маскировать карту характеристики, связанную с гетерогенностью свойств поверхности. На рис.7 приведен пример применения алгоритма GTransform™ для извлечения из изображения фазового контраста информации, непосредственно связанной со свойствами материала, путем устранения искажений, обусловленных влиянием рельефа поверхности на сигнал смещения фазы.



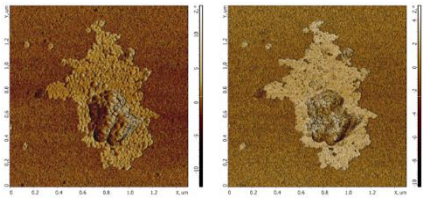


Рис.7 Вверху: Изображение фазового контраста агрегатов молекул красителя до (слева) и после (справа) удаления эффекта влияния рельефа с помощью GTransform™. Внизу: применение GTransform™ для карты фазового контраста агрегатов молекул фторалкана.

Заключение

В результате, к настоящему времени создан достаточно полный набор приборов, методов и аксессуаров для высокоэффективной работы исследовательских коллективах на высшем уровне.

Для начинающих пользователей АСМ интеллектуальный программный модуль ScanTronic™ значительно облегчает путь к получению высококачественных АМ-АСМ изображений с оптимизацией одним щелчком мыши и без трудоемкого обучения. Опытным исследователям программный модуль ScanTronic™ помогает высвободить время, которое в противном случае было бы потрачено на создание элементарных изображений, не жертвуя контролем над процедурой.

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОГО КОНТАКТИРОВАНИЯ СВЕРХБОЛЬШИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ С ТЕСТОВЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Боровов А.С.[1], Назаров А.В.[2] , Смирнов К.К.[3], Ушкар М.Н.[4]

1) *Федеральный научный центр НИИ системных исследований Российской академии наук* tema8518@mail.ru
2) *Московский авиационный институт, Москва,* rat-rut@yandex.ru
3) *Федеральный научный центр НИИ системных исследований Российской академии наук, Московский авиационный институт, Москва,* mail@konstantinsmirnov.com
4) *Московский авиационный институт, Москва,* ushkar@mai.ru

Современные сверхбольшие интегральные схемы (СБИС), реализующие функции высокопроизводительных многоядерных процессоров, систем на кристалле и им подобных, разрабатываемые по технологическим нормам 65 нм и менее, характеризуются наличием большого количества каналов управления, ввода-вывода и межпроцессорного обмена. Как следствие, число выводов в таких СБИС может достигать нескольких тысяч. Данное обстоятельство, а также стремление разработчиков в максимальной степени удовлетворить повышенным требованиям к быстродействию и функциональности СБИС привели к созданию семейства интегральных микросхем в корпусах BGA (Ball Grid Array) и LGA (Land Grid Array). Их применение в радиоэлектронной аппаратуре специального назначения, в жестких климатических условиях и в условиях воздействия специальных факторов требует обеспечения высокой надежности контактирования СБИС с материнской платой (на этапе эксплуатации) и с тестовым оборудованием (на этапе проведения функционального контроля).

В настоящей работе рассмотрены конструктивные и технологические проблемы контактирования СБИС с тестовым оборудованием, возникающие на этапах их функционального контроля и эксплуатации. Приведен обзор конструктивно технологических особенностей контактирующих устройств, соединяющих СБИС с оборудованием и обзор основных неисправностей контактных устройств.

Особое внимание уделено анализу и решению проблем, возникающих при производстве микросхем специального назначения в BGA корпусах, которые наиболее часто применяются при производстве отечественных СБИС.

Проанализированы причины снижения прочности выводов типа BGA на различных этапах производства и испытаний, предложена и апробирована методика, позволяющая минимизировать снижение их прочности.

Другую важную роль в реализации требований к СБИС играет тип корпуса, применяемого при сборке микросхемы. Результаты моделирования различных типов корпусов позволили авторам сделать вывод о том, что при наличии в кристалле высокоскоростных интерфейсов максимально возможную скорость передачи сигналов обеспечивает применение так называемой Flip-Chip технологии корпусирования, сводящей к минимуму величины паразитных индуктивностей и сопротивлений. Таким образом, в настоящее время наиболее перспективным направлением повышения надежности СБИС является совмещение вышеперечисленных конструктивных и технологических решений, касательно BGA-выводов и корпусов типа Flip-Chip и переход к корпусам типа FCBGA (англ. Flip-Chip BGA – FCBGA), которые уже востребованы многими разработчиками радиоэлектронной аппаратуры.

Известно, что наиболее значительно проблемы контактирования проявляются при работе СБИС, реализованных в корпусах типа BGA. В этой связи, в работе приведена классификация контактных устройств (КУ) и способов их соединения с микросхемой, проанализированы преимущества и недостатки и разработаны рекомендации по выбору наиболее эффективного способа контактирования.

В технологическом цикле изготовления КУ используется тестирующее оборудование (электрическая оснастка), на котором установлены сотни экземпляров КУ для подключения проверяемых СБИС. Для управления циклом разработан специальный программно-аппаратный комплекс и методика тестирования КУ, позволяющие выявлять неисправности индивидуально в каждом КУ, что резко повышает эффективность всего цикла функционального контроля СБИС.

МЕТОДИКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТ ОТКАЗОВ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ СБИС НА ЭТАПЕ ЕЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

Смирнов К.К.[1], Чистяков М.Г.[2], Назаров А.В.[3], Морозов С.А.[4], Ушкар М.Н.[5]

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

2) МГТУ имени Н.Э. Баумана, Москва: mikhail_chistyakov@srisa.ru

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

4) ФНЦ НИИ системных исследований, Москва: sergey_morozov@srisa.ru
5) Московский авиационный институт, Москва, ushkar@mai.ru

В настоящее время отечественной промышленностью разрабатываются сверхбольшие интегральные схемы (СБИС), «системы на кристалле», по технологическим нормам менее 65нм. В их состав входят сложно-функциональный блоки (далее СФ-блоки, англ. IP-core), реализующие типовые операции преобразования и обработки данных, межмодульного обмена и интерфейса с внешними устройствами. Подобные СФ-блоки широко используются также для реализации функциональных тестов самих СБИС, при проведении диагностики и периодической аттестации измерительного оборудования, обеспечивая стопроцентный контроль параметров тестируемых интегральных структур. В этом контексте можно выделить два типа СФ-блоков, используемых в различных проектах: во-первых, СФ-блоки, реализуемые в составе СБИС в виде «черных ящиков» (законченных типовых модулей), и, во-вторых, СФ-блоки, внутренний код которых, например, verilog-модель, известна разработчику СБИС.

В первом случае предлагаемый в настоящей работе аппаратно-программный комплекс функционального тестирования СБИС (далее АПК) позволяет идентифицировать расположение на интегральной структуре каждого отказавшего СФ-блока. Во втором – АПК в автоматическом режиме локализует сбойное место в топологии интегральной структуры СБИС, реализующей данный СФ-блок. Данная процедура локализации не имеет аналогов в отечественной практике проведения функционального тестирования СБИС и базируется на разработанной авторами методике и программном обеспечении АПК.

Исходными данными процедуры локализации мест отказов СБИС являются:

- verilog-модель реализуемой на кристалле системы,
- библиотека стандартных элементов,
- verilog-модель файла топологии, полученной в результате ее проектирования в САПР Cadence.

Собственно процедура локализации включает этапы:

1. Разработка функциональных тестов, выполняемая по проекту микросхемы и сохранение их в виде функциональных тестов на языках WGL (Waveform Generation Language), STIL (Standart Test Interface Language) и/или Verilog.

2. Подготовка тестовой таблицы, получение тестовых векторов, их преобразование в формат *логического анализатора* и отладка.

4. Конвертация отлаженных тестов в форматы испытательного оборудования с параллельным формированием карт ошибок, привязанных к топологии.

5. Анализ результатов, включающий поиск мест возникновения дефектов.

Предложенный вариант решения заключается в том, что исходные тесты на языках WGL или STIL подключаются как модули в алгоритме на разработанном авторами специализированном языке STeeL.

Данное решение позволяет объединять тесты в один, разделять тест на несколько, проектировать несколько тестовых конфигураций (например, для тестирования на различных частотах), проектировать вариативные тесты, при которых алгоритм тестирования зависит от результатов измерений, полученных на предыдущих операциях.

В процессе компиляции проекта на языке STeeL сохраняется отладочная информация в виде соответствия номера результирующего тестового вектора и исходного текста теста. Полученная таким образом отладочная информация используется далее при анализе результатов в разработанной авторами системе Functional Test Studio (FT-Studio). Ее использование позволяет анализировать результаты, как одиночной, так и партии СБИС, пропуская результаты ее/их функционального контроля через сложные фильтры. В связи с этим обеспечивается возможность определения места отказов интегральной структуры, так как номер строки тестового вектора, связан с одной стороны с элементом топологии, на котором произошел сбой, а с другой – с номером его строки на математической модели СБИС.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ВЛИЯНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЕРХБОЛЬШИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

В.А. Шахнов[1], В.В. Казаков[1], В.А. Верстов[1], А.А. Глушко[1], Л.А. Зинченко[1], Е.В. Резчикова[1], Т.А. Цивинская[1], Б.С. Сорокин[2]

1) МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, shakhnov@mail.ru

2) МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

Одной из важнейших проблем при изучении радиационной стойкости устройств для космических приложений является проблема корректного восприятия особенностей процесса воздействия тяжелых заряженных частиц на характеристики сверхбольших интегральных схем. Одним из возможных решений является применение технологий дополненной и виртуальной реальности.

В дополненной и виртуальной реальности трехмерные компьютерные модели могут быть как статическими, так и динамическими, с ними можно проводить разнообразные манипуляции. Технология дополненной реальности позволяет связать трехмерный объект и метку из реального мира. Меткой может выступать специально сгенерированная компьютерное изображение или обычное изображение (фотография, рисунок) в хорошем качестве. Такие метки могут быть распечатаны или выведены на экран. При этом, помимо отображения самого устройства, также возможно добавление необходимых параметров, дополнительного описания физических или химический свойств используемых материалов, графиков, числовых данных и т.д.

На сегодняшний день такое программное обеспечение можно разрабатывать для мобильных устройств на базе операционных систем Android и iOS и для компьютеров с операционной системой Windows, Linux и MacOS.

В докладе обсуждаются особенности разработанного программного обеспечения для визуализации и анализа воздействия тяжелых заряженных частиц на характеристики сверхбольших интегральных схем в стандартных корпусах и в радиационно-стойких корпусах с использованием технологии дополненной реальности. Программное обеспечение позволяет наглядно продемонстрировать накопление заряда в схемах при спецвоздействиях.

Использование технологии дополненной реальности позволяет упростить и ускорить изучение сложных взаимодействий. Разработанное программное обеспечение может быть использовано в учебном процессе, что позволит повысить качество обучения.

Работа была выполнена при частичной поддержке по гранту РФФИ 18-29-18043.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РЕЗИСТИВНОГО СЛОЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МЕМРИСТОРНЫХ СТРУКТУР

И.О.Алябьев[1], А. И. Власов[1], В. П. Жалнин[1], В. А. Шахнов[1]

1) Московский Государственный Технический Университет им.Н.Э.Баумана, Москва, info@iu4.bmstu.ru

Прикладные научные исследования последнего десятилетия в области создания принципиально нового поколения устройств энергонезависимой памяти посвящены разработке резистивной памяти с произвольным доступом (англ.: Resistive Random Access Memory – RRAM). Ключевым элементом такой памяти является мемристорная структура, имеющая три слоя - металл-диэлектрик-металл (МДМ) [**Ошибка! Источник ссылки не н айден.**, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Особенность такой структуры заключается в том, что для получения ощутимого эффекта изменения сопротивления при прохождении тока, необходима толщина диэлектрика не более нескольких десятков нанометров, а сама структура должна занимать площадь, соизмеримую с межэлектродным зазором. В качестве диэлектрика может использоваться, например, оксид металла и тогда такая структура обозначается как металл/оксид/металл (МОМ).

Под термином резистивное переключение (РП) понимают обратимое бистабильное изменение электропроводности межэлектродного слоя оксида под действием внешнего электрического поля. Внимание современных исследователей в области мемристорной электроники направлено на установление закономерностей, механизмов и построение физических моделей процессов РП, оптимизация характеристик РП, которые существенно зависят от параметров мемристорных структур, материалов диэлектрика (оксидного слоя) и электродов, а также топологии мемристорных приборов [3, 4]. Из-за способности мемристоров непрерывно изменять проводимость оксидного слоя в зависимости от величины проходящего тока, мемристоры рассматриваются как элементная база нового поколения не фон-Неймановских компьютеров с многоуровневой логикой, а также электронных синаптических устройств и нейроморфных компьютеров. Важной проблемой остается поиск материалов оксидного слоя. Вопросы выбора материалов межэлектродного слоя и электродов, обеспечивающих требуемые параметры по быстродействию, их термическую устойчивость и стабильность параметров остаются все еще недостаточно изученными. Анализ материалов выставок и периодической печати позволяют сделать вывод, что перспективными материалами для межэлектродного слоя являются оксиды переходных металлов, например HfOx, TaOx, ZrOx, а также SiOx и GeOx и ряд других [4, 5]. Концентрация вакансий кислорода в нанометровых оксидных плёнках межэлектродного

зазора мемристорной структуры – ключевой параметр процесса РП в мемристорах на базе оксидных материалов. Технологически требуемая концентрация вакансий кислорода может быть достигнута, например, осаждением нестехиометрических оксидов или же отжигом оксидного слоя в вакууме после осаждения. В мемристорах на базе оксидов металлов весьма вероятна деградация параметров из-за возможности поглощения кислорода из окружающей атмосферы, если мемристорную структуру не изолировать конструктивно от этого воздействия. В настоящей работе предложены перспективные решения, позволяющие управлять концентрацией кислородных вакансий, а следовательно и параметрами резистивного слоя мемристора. Одно из них - использование в нанометровых мемристорных структурах оксидов металлов, легированных различными примесями, имеющими валентность иную, нежели валентность основного материала резистивного слоя. Другой подход - наноструктурирование резистивного слоя, а именно, встраивание в него наночастиц других металлов.

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

Литература

1. Emerging non-volatile memories / S. Hong, O. Auciello, D. Wouters (Eds.). – Berlin-Heidelberg: Springer, 2014. – 273 p.

2. Ouyang, J. Emerging Resistive Switching Memories / J. Ouyang. – Berlin-Heidelberg: Springer, 2016. – 93 p.

3. Vlasov, A. I., Zhalnin, V.P., Shakhnov, V.A., Methods for improvement of the consistency and durability of the inorganic memristor structures // International Journal of Nanotechnology. 2019.

4. The missing memristor found / D.B. Strukov [et al.] // Nature. – 2008. – V. 453. – P. 80–83.

5. An overview of materials issues in resistive random access memory / L. Zhu [et al.] // J. Materiomics. – 2015. – V. 1 (№ 4). – P. 285–295.

«УМНАЯ ПАМЯТЬ НА МЕМРИСТОРНЫХ СТРУКТУРАХ ДЛЯ «ТУМАННЫХ» ВЫЧИСЛЕНИЯ И «ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ»

В.А. ЛАПШИНСКИЙ[1]

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

Разработчики проектов «Интернета вещей» (Internet-of-Things − IoT), облачных и «туманных» вычислений для извлечения полезной информации стремятся к автономным

сенсорным решениям с управлением на основе локальных данных. Ожидается, что скорость генерации данных и размер наборов прикладных данных в этих проектах значительно увеличатся [1-3]. Таким образом, основными требованиями для эффективного проектирования аппаратного обеспечения таких проектов являются высокие производительность и энергоэффективность для работы «большими данными».

Существует много исследований процессорных архитектур для высокопроизводительной обработки данных. Популярным решением является использование параллельных архитектур, в которых используются много процессоров CPU и/или GPU. Однако оказывается, что этого недостаточно в силу ограничений так называемой «стены памяти». Причем даже в случае использования «активных кубов памяти» [4-6]. Например, одной из важнейших операций в приложениях IoT, облачных и «туманных» вычислений является быстрый поиск по набору данных и классификация данных с помощью поиска. Другие приложения для обработки графов, цифровых обработки сигналов и телекоммуникаций часто выполняют массовые поразрядные (побитовые) вычисления для извлекаемых из памяти данных. Причем часто требуется производить перечисленные операции в режиме реального времен.

Обработка в памяти (processing-in-memory − PIM) уже давно рассматривалась как перспективное решение, способное преодолеть неэффективность взаимодействия «процессор-память» [4,5]. В том числе, в архитектуре перечисленных выше ИТ-систем. Так как в архитектуре PIM обработка выполняется непосредственно в памяти, то производительность приложений можно существенно увеличить и таким образом преодолеть «стену памяти».

Однако часто интеграция памяти и логики на одном кристалле в случае DRAM кристаллов не является экономически эффективной и оправданной, поскольку кристаллы памяти с высокой плотностью и логика с высокой производительностью требуют различных правил проектирования. Многослойное 3D-стекирование кристаллов DRAM открыло новые возможности в этой области, поскольку упрощается организация взаимодействие кристаллов памяти с CPU и GPU [4,5]. Тем не менее, недостаток метода в том, что требуются большие затраты на сквозные кремниевые переходы и межсоединения между слоями для подключения процессорной логики к многослойному стеку кристаллов памяти.

В докладе рассматриваются варианты архитектуры, структурно-логической и схемотехнической реализации кристаллов резистивной энергонезависимой многоцелевой PIM (MPIM) памяти на мемристорных матричных (crossbar) структурах [5,6]. Во-первых, кристаллы MPIM поддерживают операцию быстрого поиска по алгоритму ближайшего

ближнего соседа (*k-NN)*. Во-вторых, данная архитектура памяти поддерживает массовые побитовые операции AND, OR и XOR для нескольких операндов, хранящихся в разных строках матрицы запоминающих элементов. Сравнение энергопотребления и производительности MPIM с современными типовыми архитектурами показывает их существенное превосходство и перспективность разработки для массового производства.

Литература

1. *Yang X., Hou Y., He H.,* Processing-in-Memory Architecture Programming Paradigm for Wireless Internet-of-Things Applications // Sensor. – 2019. – Vol. 19. – №140. – P. 2–23. DOI: 10.3390/s19 010140.
2. *Zheng N., Xiong K., Pingyi F., Zhong Z.,* SWIPT-Aware Information Processing: Local Computing vs. Fog Offloading // Sensor (Basel). – 2018. – Vol 18. – №10 – P. 3291. DOI: 10.3390/s18103291.
3. *Gubbi J.*, Buyya R., Marusic A., Palaniswami M., Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions // Future Generation Computer Systems. – 2013. – Vol. 29. – №7 – P. 1645–1660. DOI: 10.1016/j.future.2013.01.010.
4. *Lapshinsky V.A.* Emerging Architectures for Processor-in-Memory Chips: Taxonomy and Implementation // RUDH Journal of Engineering Researches. – 2016. – N 14. – P. 35–40.
5. *Лапшинский В.А.* Микросхемы «умной» ассоциативной памяти: тенденции развития, классификация и применение Датчики и системы. – 2018. – №2. – С. 60–65.
6. *Imani M., Kim Y., Rosing T.* MPIM: Multi-Purpose In-Memory Processing Using Configurable Resistive Memory // Proc. of the 22nd Asia and South Pacific Design Automation Conf. (ASP-DAC)/. – 2017. DOI: 10.1109/ACPDAC.2017.7858415

ИЗМЕРЕНИЕ СМЕЩЕНИЯ В НАНОДИАПАЗОНЕ

Батрышев Д.Г., Аханова Н.Е., Ерланулы Е., Дарзнек С.А., Габдуллин М.Т.

1) Казахстанско-Британский технический университет, Алматы batryshev@physics.kz

На сегодняшний день для проведения измерений линейных перемещений в нанодиапазоне наиболее перспективными методами являются неразрушающие оптические методы лазерной интерферометрии-фазометрии, которые обеспечивают высокую чувствительность порядка (10^{-12}) пикометров к смещению объекта, высокую локальность, абсолютный характер калибровки измерительных данных в долях длины волны лазерного излучения и возможность автоматизации обработки измерительных данных.

На основе разработанной системы измерения в нанодиапазоне [1] были проведены статические измерения перемещения образца. В данном случае, на образец подаётся постоянное напряжение через заданные промежутки времени, данный тип измерений позволяет изучить такие характеристики актюатора, как гистерезис и крип, а также узнать зависимость смещения образца в зависимости от прикладываемого напряжения. Погрешность измерений лежит в диапазоне (6-8) %.

Список литературы

1. Аханова Н.Е., Габдуллин М.Т., Желкобаев Ж.Е., Батрышев Д.Г., Ерланулы Е., Разработка системы измерения в нанодиапазоне // Сборник Тезисов IX ежегодной конференции НОР, С. 17. 2018.

ПРИМЕНЕНИЕ СКАНИРУЮЩЕГО НАНОТВЕРДОМЕРА «НАНОСКАН-2D» ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРУКТУРНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ

С.В. Воронин, С.В. Коновалов, К.К. Чаплыгин, М.А. Епифанцев

Самарский университет, Самара, voronin.sv@ssau.ru

Для создания новых материалов и исследования существующих эффективным является использование методов компьютерного моделирования основанного на методе конечных элементов. При проведении компьютерного моделирования с учетом структуры исследуемых материалов, конечно-элементным моделям, необходимо задавать свойства структурных составляющих. Для определения напряженно-деформированного состояния моделей необходимы такие характеристики, как модуль упругости, коэффициент Пуассона, предел текучести, относительное удлинение, при этом практически все вышеуказанные характеристики зависят от кристаллографической ориентации зерен. Поэтому целью данной работы является апробация существующих методик определения модуля упругости отдельных структурных составляющих и разработка методик определения кристаллографической ориентации отдельных зерен методом силовой зондовой микроскопии.

Апробация стандартной методики определения модуля упругости отдельных структурных составляющих производилась на технически чистом алюминии марки АД1, А5 и алюминиевых сплавах АК12, В 1461. В результате измерения модуля упругости различных зерен α-твердого раствора был получен массив данных со значениями в

широком диапазоне. Широкий диапазон данных объясняется тем, что зерна повернуты различными кристаллографическими плоскостями. Поэтому была разработана методика определения кристаллографической ориентации отдельных зерен методом силовой зондовой микроскопии. Алгоритм методики заключается в следующем. Исследуемый микрошлиф подвергается электролитическому травлению, затем его структура рассматривается в оптическом металлографическом микроскопе в поляризованном свете. За счет образовавшейся оксидной пленки различной толщины зерна приобретают различные цвета. Нами были выделены три группы цветов, измеряя модуль упругости которых, было установлено, что значения распределяются соответственно выделенным группам. Имея литературные данные модулей упругости монокристаллов алюминия в зависимости от кристаллографических направлений было сделано предположение, что синие зерна имеют направление [100], так как они имеют минимальные значения модуля упругости. Желтые зерна имеют кристаллографическую ориентацию [111] и обладают максимальным модулем упругости. Бледно-оранжевые зерна по значению модуля упругости заняли промежуточное положение, поэтому можно предположить, что их кристаллографическое направление соответствует [110].

ПРИНЦИП РАБОТЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВХОДНОГО БЛОКА НЕЙРОПРОЦЕССОРА НА ОСНОВЕ ЛОГИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ

С.Ю.Удовиченко, А.Д. Писарев, А.Н. Бусыгин, А.Н. Бобылев

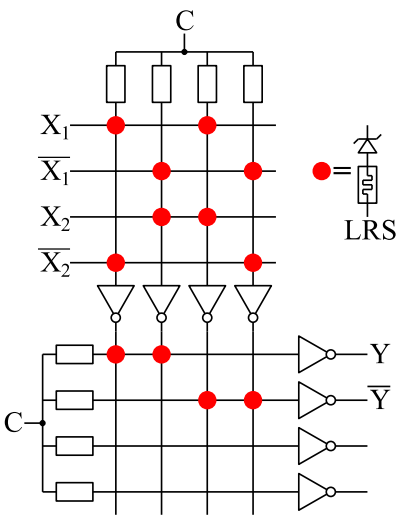
Тюменский государственный университет, Тюмень, udotgu@mail.ru

В представленной работе обсуждается функциональность, электрические характеристики и технология изготовления комбинированных мемристорно-диодных кроссбаров с точки зрения применения их во входном блоке нейропроцессора. Концепция нейропроцессора представлена в [1]. Актуальность настоящего исследования продиктована необходимостью решения задачи ввода стандартной информации в электронное устройство, работающее в импульсном – нейроморфном режиме. Сформулирован принцип работы входного блока нейропроцессора, выполненного на основе 3D логической матрицы, электрическая схема и топология которой предложена в [2].

На вход входного устройства с интерфейсного блока поступает информационный сигнал в параллельном стандартном двоичном коде, в котором информация разделена на каналы по типу данных. Входной блок формирует на своём выходе импульсный сигнал, кодирующий обрабатываемую информацию. Задачей входного блока является фильтрация и преобразование входных данных в формат аппаратной нейросети.

В основу принципа работы входного блока нейропроцессора заложены программируемые дизъюнктивно нормальные формы (ДНФ). Для реализации ДНФ в 3D логической матрице достаточно сформировать полный логический базис. Исходя из архитектуры логической матрицы, в ней возможна реализация логического базиса из операций И-НЕ и ИЛИ-НЕ при условии, что логические данные будут подаваться в прямом и инверсном видах. Пример применения полного логического базиса показан на рис.1 в реализации совершенной ДНФ (СДНФ) логической операции исключающего ИЛИ. По такому же принципу реализованы операции логического умножения и сложения операндов, поступающих во входной блок нейропроцессора. Для реализации в логической матрице СДНФ достаточно двух функциональных слоев, при условии подачи в матрицу прямых и инверсных литералов каждой переменной.

Импульсная кодировка реализуется подачей управляющих сигналов на тактовые входы (C). Управляющие сигналы представляют собой импульсы, показанные на ВАХ коммутирующего элемента (рис.2).



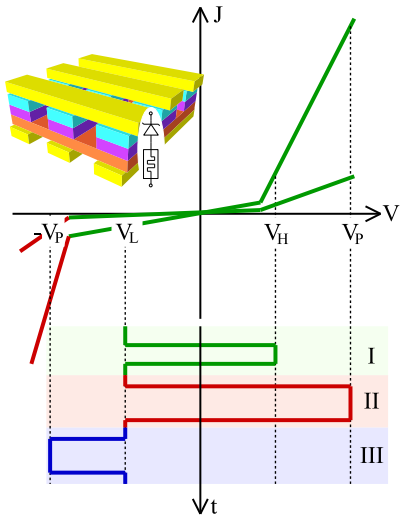


Рис.1. Реализация исключающего ИЛИ в двух функциональных пластах логической матрицы

Рис.2. Связь рабочих напряжений с вольтамперной характеристикой ячейки логической матрицы

Мемристорно-диодный кроссбар, на основе которого построена 3D матрица входного устройства, изготавливается промышленным способом: с помощью реактивного магнетронного распыления и электронной литографии. Слои полупроводников с донорной или акцепторной примесью и разным уровнем легирования создаются путем одновременного распыления катодов из материалов чистого полупроводника и легирующей примеси. Степень легирования диодных слоев определяется требуемой характеристикой ячеек логической матрицы.

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.

Нанокомпозитные полимеры

НАНОСТРУКТУРА ОРГАНО-НЕОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ

Н.А. Булычев[1,2], А.В. Иванов[3,4]

[1]*Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, nbulychev@mail.ru*

[2]*Московский авиационный институт, Москва*

[3]*Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н.Блохина Минздрава России, Москва, ivavi@yandex.ru*

[4]*Государственный научный центр лазерной медицины им. О.К.Скобелкина ФМБА России, Москва*

В работе методом капиллярной вискозиметрии изучена начальная стадия гелеобразования органо-неорганических гибридных гидрогелей на основе поли-N-винилпирролидона и продуктов гидролитической поликонденсации тетраметоксисилана. Возникновение прочных связей между молекулами полимера и частицами кремнезема в водной среде было подтверждено методом электрокинетической звуковой амплитуды. Показано влияние молекулярной массы поли-N-винилпирролидона, концентраций исходных компонентов, а также их суммарного количества на время начала гелеобразования в системах поли-N-винилпирролидон-вода-тетраметоксисилан. Предложена общая схема для формирования трехмерной сетки в этих системах в условиях взаимного проникновение клубков поли-N-винилпирролидона, согласно которой узлами сетки геля становятся наночастицы общей формулы $SiO_x(OH)_y(OR)_z$, связывающие макромолекулы поли-N-винилпирролидона за счет образования водородных связей между водородом силанольных групп органосиланов и кислородом карбонильных групп и поли-N-винилпирролидона.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРНЫХ АДСОРБЦИОННЫХ СЛОЕВ НА ПОВЕРХНОСТИ ГИДРОФИЛЬНЫХ И ГИДРОФОБНЫХ НАНОЧАСТИЦ

Н.А. Булычев[1,2], А.В. Иванов[3]

[1]*Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, nbulychev@mail.ru*

[2]*Московский авиационный институт, Москва,*

[3]*Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н.Блохина Минздрава России, Москва, ivavi@yandex.ru*

[4]*Государственный научный центр лазерной медицины им. О.К.Скобелкина ФМБА России, Москва*

В соответствии с широким применением дисперсных систем актуальным является разработка новых методов повышения их качества и направленного изменения их свойств, в том числе при получении водных суспензий наночастиц высокой дисперсности и стабильности, использующихся в качестве компонентов лакокрасочных материалов, при производстве присадок к маслам, топливам и т.д. Среди проблем, возникающих при этом, значительное место принадлежит поверхностным явлениям, адсорбции полимеров на поверхностях различной природы, особенно под действием механической активации, взаимодействиям на границе раздела фаз. При изучении динамического поведения многофазных и многокомпонентных систем в условиях возбуждения нелинейных колебаний выявлены эффекты, связанные с интенсификацией массообменных процессов, фазовых и релаксационных переходов, взаимодействия и химическими превращениями. Дисперсные системы на основе неорганических и органических наночастиц и полимеров могут быть использованы как модельные системы для выявления закономерностей взаимодействия полимеров с твердой поверхностью.

Проведенные в рамках настоящей работы исследования показали, что интенсивная обработка является эффективным методом модификации поверхности в дисперсных системах наночастиц, активизации взаимодействия частиц и полимера с последующим образованием адсорбционных слоев высокой толщины и прочности. Это позволяет получать высокостабильные дисперсные системы с модифицированной поверхностью дисперсной фазы.

Был исследован процесс модификации поверхности частиц диоксида титана и фталоцианина меди в водных дисперсных системах с помощью серии специально синтезированных блочных амфифильных сополимеров акриловой кислоты с хорошо

охарактеризованной молекулярной структурой, точно определенной молекулярной массой и узким молекулярно-массовым распределением, синтезированных методом радикальной полимеризации с переносом атома. Модификация проводилась как методом обычной адсорбции, так и при помощи интенсивного механического воздействия (обработки в ультразвуковом поле). Целью этих исследований являлось выявление закономерностей взаимодействия полимеров с поверхностью наночастиц в водных дисперсных системах, анализ влияния структуры и состава дифильных блоксополимеров на процесс модификации поверхности твердой фазы и определение оптимальной структуры полимера и условий взаимодействия.

С помощью метода электрокинетической звуковой амплитуды оценены значения ζ-потенциала, являющегося характеристикой электрических свойств границы раздела фаз. Развивая представления об адсорбционных и диффузных слоях в структуре коллоидных частиц, с помощью этого метода проведен расчет и дано обоснование модели адсорбционного слоя.

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Н.А. Булычев[1,2], С.А. Колесник[2], А.В. Иванов[3,4]

[1]*Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, nbulychev@mail.ru*

[2]*Московский авиационный институт, Москва,*

[3]*Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н.Блохина Минздрава России, Москва, ivavi@yandex.ru*

[4]*Государственный научный центр лазерной медицины им. О.К.Скобелкина ФМБА России, Москва*

Исследовано влияние интенсивного механического воздействия на физико-механические свойства пленок из смесей бутадиенстирольного и акрилового латексов как моделей полимерных мембран. Показано, что отклик полимерных дисперсных систем и композиций на их основе на воздействие нелинейных колебаний свидетельствует об их влиянии на деформационные свойства, по аналогии с ориентационными явлениями в твердых полимерах, где может проявляться эффект Ребиндера, что можно рассматривать как способ модификации полимеров, в том числе при получении нанокомпозитов и полимерных бионосителей.

Обнаруженные особенности физико-механических свойств латексных систем в широком диапазоне соотношений компонентов, а также их ИК-спектры свидетельствуют об усилении межфазного взаимодействия в композициях под влиянием волнового воздействия в резонансном режиме в звуковом диапазоне частот. Наряду с данными, характеризующими динамическое поведение исследуемых систем, полученными с помощью различных структурно-чувствительных методов, выявленные эффекты (изменение степени дисперсности, структурно-морфологической организации, локальной и трансляционной подвижности и других релаксационных свойств) можно рассматривать как обоснование предлагаемого механизма волнового воздействия на дисперсные полимерные системы и может быть использовано при изучении взаимосвязи релаксационного и резонансного поглощения энергии.

МЕТОД КОЛИЧЕСТВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ЖИДКИХ И ТВЁРДЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СРЕДАХ

Ю.П. Бузулуков[1], А.А. Анциферова[1], А.А. Гусев[2], В.Ф. Дёмин[1], П.К. Кашкаров[1,3], Л.М. Фатхутдинова[4]

1) Национальный Исследовательский Центр «Курчатовский институт», buzulukov_yp@nrcki.ru

2) Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, Тамбов, nanosecurity@mail.ru

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

4) Казанский государственный медицинский университет Казань, liliya.fatkhutdinova@gmail.com

Предлагаемый метод количественного определения углеродных наноструктур (УН), в частности углеродных нанотрубок применим для твердых и жидких образцов различных сред, включая органические и биологические. Метод может применяться в материаловедении, а также в экологии, биологии и экспериментальной фармакологии.

В силу специфики химических и ядерно-физических свойств УН их детектирование в различных средах, особенно в органической матрице является сложной задачей. В нескольких десятках существующих патентов и публикаций описаны разнообразные способы детектирования, визуализации и измерения содержания УН в различных средах.

Предлагаемое авторами решение позволяет количественно измерять массу УН в любых жидких и твёрдых средах (в том числе углеродосодержащих), используя естественные метки-маркеры, которыми являются трудноудалимые остатки технологических катализаторов, используемых при изготовлении нанотрубок. Важнейшей особенностью этого метода является отсутствие трудоемких процессов внесения метки-маркера в исследуемые УН и отсутствие каких–либо изменений в физико-химических свойствах УН, обусловленных внесением какой–либо специальной метки-маркера. При этом сохраняется основное достоинство метода меченых УН - возможность измерений в углеродосодержащей (органической) среде.

Измерения массы примесей катализаторов осуществляется методами рентгено-флюоресцентного или активационного элементного анализа, а искомую массу УН в исследуемом образце определяют путем сравнения массы технологической примеси в исследуемом образце с массой этой примеси в эталонном образце, содержащем известную массу УН. Допустимо использование масс-спектрометрии

или атомно-эмиссинной спектрометрии с индуктивно-связаной плазмой, но при этом происходит значительное увеличение трудозатратности, снижение точности измерений и необратимое разрушение образцов.

Технологические примеси катализаторов имеются в большинстве коммерчески производимых УН (за исключением детонационных алмазов и некоторых технологий производства графена).

В докладе приведены результаты практического применения метода в ряде экспериментальных работ и пути его развития для визуализации распределения УН в больших образцах. Показано, что предлагаемый метод несложен и применим для широкого класса УН, а интерпретация результатов первичных измерений проста и прозрачна.

Соответствующая заявка на изобретение зарегистрирована в Федеральной службе по интеллектуальной собственности в 2018 г.

Нанотехнологии в строительстве

ВОДОПОТРЕБНОСТЬ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ФИБРОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ

А.С. Балыков, Т.А. Низина, А.Н. Пономарев, В.В. Володин, Д.И. Коровкин

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

nizinata@yandex.ru

В настоящее время требуемый уровень характеристик цементных композитов обеспечивается за счет применения как индивидуальных, так и комплексных модификаторов, включающих до десятка и более наименований, в числе которых органические ПАВ (суперпластификаторы и гиперпластификаторы), активные минеральные добавки природного и техногенного происхождения, тонкоизмельченные наполнители, микроармирующие волокна и др. Дополнительные возможности при разработке композиционных материалов с повышенной прочностью, жесткостью и долговечностью предоставляют производимые в настоящее время в промышленных масштабах углеродные наночастицы – фуллерены, нанотрубки и нановолокна, астралены, графены и т.д. При этом известно, что многие модификаторы в составах бетонных смесей оказывают загущающее действие, приводящее к ухудшению реотехнологических показателей, что в конечном итоге может пагубно сказаться на физико-механических и эксплуатационных характеристиках композитов.

Целью данной работы являлось установление влияния модифицирующих добавок и дисперсных волокон на водопотребность фибробетонной смеси. При планировании экспериментального исследования варьировалось две группы факторов – группа активных минеральных добавок: микрокремнезем конденсированный уплотненный производства АО «Кузнецкие ферросплавы» (МКУ, v_1)); высокоактивный метакаолин белый производства ООО «Мета-Д» (ВМК, v_2)); добавка в бетонную смесь «Пенетрон Адмикс» (Адмикс, v_3)), а также группа дисперсных волокон: полипропиленовое мультифиламентное волокно с длиной резки 12 мм, диаметром 25÷35 мкм, плотностью 0,91 г/см3 (ППН, w_1)); (полиакрилонитрильное синтетическое волокно FibARM Fiber WB с длиной резки 12 мм, диаметром 14÷31 мкм, плотностью 1,17±0,03 г/см^3 (ПАН, w_2)); модифицированная астраленами базальтовая микрофибра под фирменным названием «Астрофлекс-МБМ» длиной 100÷500 мкм, средним диаметром 8÷10 мкм,

насыпной плотностью 800 кг/м^3, с содержанием астраленов 0,0001÷0,01% от массы фибры (МБМ, w_3)). При составлении плана экспериментального исследования обеспечивалось выполнение следующих условий:

$$0 \le v_i \le 1,\ \sum v_i = 1,\ i = 1, 2, 3; \qquad 0 \le w_i \le 1,\ \sum w_i = 1,\ i = 1, 2, 3.$$

Диапазоны варьирования исследуемых факторов составили (% от массы цемента): МКУ – 0÷20; ВМК – 0÷6; Адмикс – 0÷1,5; ППН – 0÷1; ПАН – 0÷1,5; МБМ – 0÷5.

Для получения равноподвижных фибробетонных смесей наряду с приведенными выше модификаторами использовались: портландцемент класса ЦЕМ I 42,5Б производства ПАО «Мордовцемент»; мелкозернистый заполнитель – природный кварцевый песок Новостепановского карьера Республики Мордовия с размером зерна не более 5 мм и модулем крупности $М_{кр}$ = 1,6 – 75% от массы твердой фазы; поликарбоксилатный суперпластификатор Melflux 1641 F – 0,5% от массы вяжущего.

По результатам исследования установлено, что наибольшей водопотребностью обладают составы, содержащие микрокремнезем конденсированный уплотненный, что может быть обусловлено повышенной дозировкой и дисперсностью данной минеральной добавки. Максимальное значение исследуемой характеристики (близкое к 23% от массы сухих компонентов) имеют составы со 100% содержанием МКУ (20% от массы цемента) и МБМ (5% от массы цемента). Для составов с ВМК и Адмикс зафиксирована меньшая водопотребность, что свидетельствует о сниженной загущающей способности данных добавок в равноподвижных дисперсно-армированных мелкозернистых бетонных смесях по сравнению с микрокремнеземом. Наименьшую водопотребность (около 15% от массы сухих компонентов) имеют составы с добавкой Адмикс и комплексом фибр ППН+МБМ при равном соотношении дисперсных волокон (по 50%).

Полученные в ходе исследования результаты послужат основой при разработке оптимальных комплексных модификаторов для повышения целого комплекса физико-технических характеристик цементных композитов.

** Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-29-12036.*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ МЕХАНИЗМОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ

Т.А. Низина, А.С. Балыков, Д.И. Коровкин, Д.Р. Низин

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

nizinata@yandex.ru

Известно, что разрушение композиционных материалов представляет собой процесс множественного зарождения, развития и агрегации различного рода дефектов и микротрещин вплоть до появления макротрещин. На сегодняшний день не вызывает сомнений тот факт, что неоднородность структуры строительных композитов, в том числе на основе цементных вяжущих, приводит к формированию ослабленных зон, с которых впоследствии и начинается разрыхление и разрушение материала [1-3].

Процесс разрушения композиционных материалов под действием силовых факторов зарождается на микроуровне как дискретный акт продвижения первичной микротрещины до точки бифуркации, которая является дефектом структуры в виде зерна наполнителя или поры. Процесс разрушения образца складывается из дискретных актов разрушения на микромасштабном уровне [4, 5]. При этом разрушение имеет вероятностную природу, а сам процесс накопления повреждений самоподобен, что позволяет использовать аппарат теории фракталов.

Известно, что модифицирование составов цементных бетонов наночастицами различного вида позволяет существенно повысить их упруго-прочностных показатели. Особый интерес использования наноинициаторов связан с их введением в состав бетонных смесей совместно с твердыми носителями, в частности, высокомодульными волокнами. Примером подобных комплексных добавок является модифицированная астраленами базальтовая микрофибра под фирменным названием «Астрофлекс-МБМ» длиной 100÷500 мкм, средним диаметром 8÷10 мкм, насыпной плотностью 800 кг/м^3, с содержанием астраленов 0,0001÷0,01% от массы фибры.

В работе приведены результаты использования методики определения фрактальной размерности кривых деформирования на основе метода минимального покрытия, позволяющего получать интегральную количественную

оценку процесса разрушения строительных композитов при сжатии, определять положение параметрической точки кривой разрушения.

В качестве объектов исследования при испытании на сжатие выбраны образцы модифицированных минеральными и химическими добавками составов мелкозернистых бетонов, в том числе базальтовой микрофиброй «Астрофлекс-МБМ». Для проведения механических испытаний бетонов использовался программно-аппаратный комплекс WilleGeotechnik®, дополнительно оборудованный климатической камерой с возможностью регулирования температуры (от -40 до +100 °С) и влажности (от 10 до 96%) в процессе нагружения.

На основе фрактального анализа временных рядов определено положение и окрестности точки перехода бетонного образца из относительно стабильного состояния в состояние выраженного тренда. Выявлено влияние доли МБМ и минеральных добавок на положение параметрических точек, являющих важной информативной характеристикой при изучении процессов разрушения композиционных материалов.

** Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-29-12036.*

Литература

1. Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писанко Е.Н. Высокопрочный бетон. – М.: Стройиздат, 1971. – 208 с.

2. Зайцев Ю.В. Моделирование деформации и прочности бетона методами механики разрушения. – М.: Стройиздат, 1982. – 196 с.

3. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.

4. Селяев В.П., Низина Т.А., Балыков А.С., Низин Д.Р., Балбалин А.В. Фрактальный анализ кривых деформирования дисперсно-армированных мелкозернистых бетонов при сжатии // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2016. – № 1. – С. 129–146.

5. Selyayev V.P., Nizina T.A., Balykov A.S., Nizin D.R., Balbalin A.V. Fractal analysis of deformation curves of disperse reinforced fine-grained concrete under compression // PNRPU mechanics bulletin, 2018. – no. 1-2. – PP. 84-93.

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ПРИМЕРЕ КОНСТРУИРОВАНИЯ КРОНШТЕЙНОВ И ДРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ УДЕРЖАНИЯ ПРЕДМЕТОВ

Раткин Л.С.[1,2,3]

1) *НИЦ «Курчатовский институт», Москва,*
2) *ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва,*
3) *ООО «АРГМ», Москва, rathkeen@bk.ru*

Получен патент на изобретение без соавторов на конструкцию, предназначенную для удержания предметов, применимую в строительных работах. Изделие предназначено для решения ряда строительных задач, связанных с компактным размещением и защищенным хранением однотипной продукции, а также с экономией рабочего пространства. Инженерная задача решена благодаря оптимизации конструкции, изменению пропорций размеров ее частей и применения нанотехнологий. Например, на корпусе кронштейнов и других элементов для удержания предметов, выполненном в форме прямоугольника с бортиками специальной конструкции, имеется специальный фигурный выступ, выполненный как единое целое с одной из широких сторон прямоугольника. Нанотехнологии применимы в различных частях кронштейнов и других элементов для удержания предметов.

В рамках научной работы автором получена серия патентов на изобретения без соавторов, зарегистрированных в РФ во второй половине 2018 года. Проводится работа по зарубежному патентованию. Вместе с тем, при проведении работ выявлены недоработки в нормативно-правовой базе, сдерживающей патентование изобретений в России. В частности, согласно данным ФГУ ФИПС Роспатента, в 2016-2017 году наметилась негативная тенденция по снижению объемов патентования в России. Автором предлагается внесение изменений в ряд нормативно-правовых документов для повышения объемов патентования в РФ.

Нанобиотехнологии

ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ТИТАНА В СОСТАВЕ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ Е171

И.В.Гмошинский, С.А. Хотимченко

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, gmosh@ion.ru

Диоксид титана (TiO2), годовой объём производства которого в мире превысил, начиная с 2008 г., 5 млн. тонн, благодаря своему интенсивно белому цвету широко используется в составе пищевой продукции в качестве пищевой добавки-красителя Е171. Применение Е171 разрешено в соответствии с действующим в России (ТР ТС 029/2012) и в странах Европейского союза (Директива 94/36/ЕЕС) законодательством в таких видах пищевой продукции, как изделия из рыбы (включая популярные у населения «крабовые палочки»), молочная (сгущенное молоко), кондитерская продукция (конфеты, драже, кремы, жевательная резинка) и др. TiO2 также допущен для окрашивания оболочек лекарственных препаратов (Приказ Минздрава РФ от 19.03.98 № 80) и в косметической продукции (зубные пасты). Количество TiO2, вносимого в указанные виды продукции, не нормируется и определяется только потребностями технологического процесса. Ввиду этого, экспозиция населения TiO2 через желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) может быть значительной, достигая по некоторым данным порядка 1 мг/кг массы тела в сутки и выше, причём наибольшая удельная экспозиция может быть характерна для детей в возрасте 2-6 лет (Rompelberg et al., 2016). Возникает вопрос о безопасности таких доз TiO2 для потребителей продукции и связанных с ним рисках для здоровья. Согласно мнению Европейского Агентства по безопасности пищевой продукции, пигментный TiO2 (т.н. «титановые белила») с частицами размером 0,1-1 мкм и более, безопасен для человека ввиду своей практической нерастворимости в воде и биологических средах и полного отсутствия его абсорбции в ЖКТ (EFSA, 2004, 2016). Однако, гранулометрический анализ распространенных марок Е171 показывает, что в них в существенных количествах (0,31-12,5% по массе или 17-36% по числу частиц) присутствуют наночастицы (НЧ), имеющие кристаллическую структуру анатазы или рутила (Ropes et al., 2017). Благодаря своим малым размерам, эти НЧ обладают потенциально значительно большей, в сравнении с микрочастицами (МЧ), способностью проникать через биологические барьеры,

включая барьер ЖКТ (Powell, et al., 2010), а также обладают в расчёте на единицу массы значительно большим химическим потенциалом, каталитической активностью и растворимостью. Нами были изучены данные литературы о биодоступности, биораспределении и эффектах НЧ TiO2 при их поступлении через ЖКТ. Всего для анализа был отобран 61 источник (статьи в рецензируемых научных журналах за период 2007-2019 гг.), удовлетворяющие критериям научной достоверности и полноты согласно МР 1.2.2522-09. Используемые биологические модели включали пероральное однократное (15 работ) и многократное подострое (42) и хроническое (1) введение крысам и мышам – самцам и самкам различных линий, а также эксперименты in vitro на монослоях клеток кишечного эпителия и культурах микробиоты ЖКТ. В 47 статьях объектом исследования были НЧ TiO2, в 3 - МЧ, в 9 - МЧ и НЧ в сравнении. Из общего числа работ, в 44 было выявлено неблагоприятное (токсическое) действие на организм в дозах TiO2 от 0,1 до 1000 мг/кг массы тела (м.т.), в 13 - токсичность не была показана, в 4 работах - изучалось только бионакопление. Основными органами-мишенями явились печень (17 работ), желудочно-кишечный тракт (9), селезенка и органы иммунной системы (8), а также сердце, почки, головной мозг. Особого внимания заслуживают данные о влиянии TiO2 (в форме как НЧ, так и МЧ) на состав и активность представителей кишечной микробиоты, выявленные 2 двух исследованиях. Работы, в которых сообщалось об отсутствии у НЧ TiO2 токсических свойств, были выполнены, преимущественно, с использованием очень высоких доз наноматериала (1000 мг/кг м.т. и более), что не исключает возможность ложноотрицательного результата, обусловленного агрегацией НЧ в просвете кишки (Heringa, et al., 2016). Таким образом, имеющиеся в литературе данные о минимальных действующих дозах НЧ TiO2 с учётом введения принятого в токсикологии 100-кратного коэффициента запаса, учитывающего неопределенность и особенности in vivo модели, а также вероятного содержания НЧ в коммерческих образцах E171 и объёмах её потребления, указывают на наличие существенных рисков для здоровья. Уровень поступления НЧ TiO2 в организм человека с пищевой, лекарственной и косметической продукцией, тем самым, нуждается в нормативном регулировании.

РАЗРАБОТКА РАНОЗАЖИВЛЯЮЩЕГО СРЕДСТВА НА ОСНОВЕ ЛИОТРОПНЫХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ ЛЕЦИТИНА

Н.М. Мурашова[1], Е.Р. Василевская[2], В.А. Пчелкина[2], А.А. Новикова[1], Е.В. Юртов[1]

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

2) ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Москва, e.vasilevskaya@fncps.ru

Перспективными носителями лекарственных веществ являются самоорганизующиеся наноструктуры лецитина - поверхностно-активного вещества природного происхождения. Среди таких структур рассматриваются органогели, построенные из обратных мицелл, микроэмульсии и лиотропные жидкие кристаллы. Наноструктуры лецитина обладают такими преимуществами, как простые методы их получения, зависимость свойств только от состава системы и их независимость от условий смешивания компонентов, длительные сроки хранения, биосовместимость, возможность солюбилизации биологически активных веществ с сохранением их активности. Например, в качестве носителя для трансдермальной доставки биологически активных веществ можно использовать жидкие кристаллы в системе лецитин – жирное растительное масло – эфирное масло – вода [1].

Цель данной работы заключалась в разработке ранозаживляющего средства на основе лиотропных жидких кристаллов лецитина, содержащих биологически активные вещества с различными физико-химическими свойствами и исследовании его эффективности.

Была разработана методика получения жидких кристаллов в системе лецитин – жирное растительное масло – эфирное растительное масло – вода. Применение жидкокристаллической матрицы дает возможность вводить в состав одного препарата маслорастворимые, водорастворимые и практически нерастворимые в воде и в масле биологически активные вещества, в том числе неустойчивые к нагреванию, например белки и пептиды. Использование жирных и эфирных масел, обладающих ранозаживляющим действием (масла авокадо и чайного дерева) позволяет использовать данную основу для создания ранозаживляющих средств.

Кинетика высвобождения водорастворимых активных веществ из жидких кристаллов была изучена на модельной системе с водорастворимым красителем Родамином С методом диализа через целлюлозную мембрану (размер пор 3,5 кДа), принимающей средой являлся цитратный буферный раствор с pH 5,5. Установлено, что скорость высвобождения

водорастворимого вещества из образцов жидкого кристалла существенно зависит от концентрации воды: при содержании воды в образце 30 мас.% она в 2 раза выше, чем при содержании воды 15 мас.%.

Исследование эффективности проводилось на клинически здоровых самках мышей BALB/c spf-категории массой (27±2) г с моделью плоскостных ран. В качестве ранозаживляющих веществ в состав жидких кристаллов вводили метилурацил и белково-пептидный экстракт животного происхождения [2]. Положительным контролем являлась мазь «Метилурацил».

Выявлено, что использование жидких кристаллов с добавлением метилурацила и биологически активных веществ животного происхождения способствовало увеличению прочности рубцов в 2,4 и 3,2 раза относительно животных без лечения, и в 1,8 и 2,3 раза относительно положительного контроля. Гистологическими исследованиями был подтвержден ускоренный процесс регенерации ран после применения жидких кристаллов с активными биомолекулами животного происхождения. Стоит отметить, что применение метилурацила в составе разработанной жидкокристаллической композиции показало более выраженный ранозаживляющий эффект по сравнению со стандартной мазью «Метилурацил». Полученные данные позволяют рассматривать композицию, содержащую лиотропные жидкие кристаллы в системе лецитин - растительные масла - вода, и включающую метилурацил или белково-пептидные соединения животного происхождения, как перспективную для разработки ранозаживляющих средств.

Литература

1. Мурашова Н.М., Костюченко М.Ю., Бизюкова А.Н., Юртов Е.В. Жидкокристаллическая композиция для трансдермальной доставки биологически активных веществ. Патент RU № 2623210 (Россия) от 19.04.2016.

2. Федулова Л.В., Василевская Е.Р. Перспективные источники природных стимуляторов иммунитета // Мясные технологии. - 2016. - № 12 (168). - С. 37-39

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОСЕЛЕНА НА ПАТОМОРФОЗ МАСТОПАТИИ

Г.И. Чурилов[1], А.Г.Краснолобов[1], Ю.Н. Иванычева[1], С.А.Анисимова[1],

В.В.Чурилова[2], И.А.Степанова[2]

1) *Рязанский государственный медицинский университет им. И.П.Павлова,*

Рязань, genchurilov@yandex.ru

2) Государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, veronicka.churilova@yandex.ru

Начиная с 1957 года селен начали рассматривать не только, как токсичный элемент, а как одним из 4-х главнейших компоненов неферментативного пути антиоксидантно-антирадикальной системы защиты организма. Также в последнее время активно изучается влияние селена на развитие онкопатологий и препараты селена предлагаются к использованию в составе комплексной терапии при лечении многих заболеваний. Селен способствует укреплению иммунной системы, так в условиях дефицита селена нарушаются процессы антигензависимой пролиферации лимфоцитов, хемотаксис нейтрофилов. Существует несколько форм препаратов селена: неорганические и органические. Эти препараты являются высокотоксичными веществами: по существующим ГОСТам селенит натрия относится к 1-му классу опасности. Вместе с тем все соединения селена токсичны. Поэтому весьма обосновано повышенное внимание российских и зарубежных исследователей к биологическому действию наночастиц нульвалентного селена.

В настоящей работе исследовали наноселен (30-40нм) в виде коллоидного раствора с активностью 3,7 мг/л, полученный в Институте металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова (ИМЕТ РАН), как лекарственный препарат для лечения мастопатии. Мастопатия или фиброкистозная болезнь – (по определению ВОЗ, 1984) – это болезнь, характеризующаяся нарушением соотношений эпителиального и соединительно-тканного компонентов, широким спектром пролиферативных и регрессивных изменений тканей молочной железы. Для гистологических исследований были созданы три группы крыс:1 группа опыта (контроль кистозной мастопатии) –крысы, которым вызывали кистозную мастопатию в течении 40 дней введением внутримышечно 10 мг синэстрола 1 раз в 10 дней.

2 группа – естественный патоморфоз. Эти крысы жили в течении 30 дней после получения модели кистозной мастопатии.

3 группа опыта - крысы, которым вводили селен в дозировке 0,001 мг/кг живого веса в сутки в течение 30 дней после создания модели кистозной мастопатии

Опыт длился в течении 70 дней. Затем молочные железы крыс фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина, заливали парафином, а затем окрашивали гематоксилином и эозином по стандартной методике. В результате проведенных исследований были получены следующие данные: Молочная железа в норме выглядит следующим образом - протоки в основном спавшиеся, лежат по одному или маленькими группами, эпителий протоков кубический. В строме: жировая ткань преобладает, сосудов небольшое количество, клеточный состав представлен в основном фибробластами протоки лежат в основном по одному, реже маленькими группами.

Через 40 дней после введения синэстрола в молочных железах протоки лежат в основном средними и достаточно большими группами: просвет железистых структур, как маленький, так и расширен до больших кист; кое-где встречаются кисты огромных размеров. В просвете жиро-белковое содержимое и единичные клетки слущенного эпителия. Изредка просвет пустой. Эпителий кубический или уплощённый кубический. Жировая ткань преобладает над рыхлой соединительной тканью. Перигландулярная строма представлена тонкими прослойками соединительной ткани, иногда достаточно широкими. В клеточном составе в основном фибробласты; встречаются тучные клетки, моноциты. Также иногда наблюдаются: в некоторых крупных протоках - папилломатозные выросты. В третей группе опыта, где крысы с кистозной мастопатией получали в течение 30 дней селен, обнаружено, что гистологическая картина молочной железы с естественным патоморфозом кистозной мастопатии через 30 дней наиболее близка к интактной ткани в молочных железах протоки лежат в основном маленькими группами, просветы железистых структур спавшиеся, как правило, без содержимого. Однако при применении селена сохраняются маленькие кисты с выраженной очаговой пролиферацией эпителия и местами встречается значительный фиброз околопротоковой стромы. В исследованиях определено влияние концентрации селена на течение заболевания. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00510.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА

С.Д. Полищук[1], И.А. Степанова[2], Д.Г. Чурилов [1], В.В. Чурилова[1], И.В. Обидина[3], Г.И. Чурилов[3]

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

2) *ЗАО «НПФ «Экопром», Москва, IrinkaStepanova@yandex.ru*

3) Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, Рязань, inna.obidina@mail.ru, genchurilov@yandex.ru

Оксид цинка в наносостоянии применяется в частности в сельском хозяйстве и в косметологии. Наночастицы оксида цинка являются перспективными для разработки антибактериальных средств. Имея небольшой размер, они способны проникать через мембраны плазмы и транспортироваться в ткани и органы. Возникла необходимость оценить его биологическую и экологическую безопасность. На основании проведенных исследований была рассчитана хроническая средне-смертельная доза: $ЛД_{50}$ хроническая = 1183,8 мг/кг живой массы и коэффициент кумуляции ($К_{кум}$), который равен- 4,0. Учитывая полученные результаты, можно сказать, что он обладает умеренными кумулятивными свойствами и согласно ГОСТ 12.1.007 относится к 3 классу опасности, т.е. к умеренно опасным веществам.

Для определения влияния наночастиц оксида цинка на рост и развитие растений, а также возможное проявление токсичности использовали вику посевную. Навески исследуемых образцов наночастиц оксида цинка диспергировали в определённом объеме дистиллированной воды для получения нужных концентраций растворов. Полученную взвесь добавляли в чашки Петри, заполненные 20 мл незастывшим полисахаридным субстратом, тщательно перемешивали. Использование метода динамического рассеяния света (ДРС) позволило определить степень диспергирования и ζ-потенциал НЧ оксида цинка. Измерения проводили на приборе ZetasizerNano (Malvern, Великобритания). С помощью анализатора частиц SALD-7101 (Shimadzu), были получены результаты

объёмного распределения частиц по размерам и определен среднеповерхностный диаметр частиц в полученных суспензиях (28,4±2,4). В биологических экспериментах использовались суспензии наночастиц концентрацей 0,001-1000 г/т семян. Определение активности пероксидазы и супероксиддиссмутазы осуществлялось фотометрическим методом.

Большая удельная поверхность 37,9 $м^2/г$ определяет высокую активность НЧ оксида цинка, а достаточно высокие значения ζ- потенциал свидетельствуют об их устойчивости. Действительно наночастицы оксида цинка с данными физико-химическими характеристиками показали наглядную динамику изменения морфофизиологических показателей роста и развития семян вики в зависимости от их концентрации. При определении длины ростка и корешка вики наблюдалась волнообразная зависимость от концентрации, однако их размеры и масса оставались ниже контроля, исключая низкие концентрации концентрации 0,001 - 0,10 г/т, где показатели достигали своего максимума. Следовательно, наночастицы оксида цинка в целом при концентрациях выше 0,10 г/т угнетают развитие проростков вики, при этом они накапливаются в проростках вики, что подтверждается данными электронной просвечивающей микроскопии.

Для наночастиц оксида цинка изменения активностей ферментов пероксидазы и супероксиддисмутазы больше 30% при концентрации наночастиц выше 1,0 г/т, что доказывает затухание ростовых процессов вики. Следовательно, отклонение биохимических показателей растений от нормы может быть сигналом о возможности токсического действия наноматериалов.

ЭФФЕКТ МАЛЫХ ДОЗ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ РАЗМЕРОВ

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

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

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

На основании проведенных исследований и обобщая данные по влиянию наночастиц (НЧ) меди, производимых в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС» на масличные и овощные культуры можно сделать следующие выводы:

1. Для НЧ меди, полученных химическим способом, эффект «малых доз» (МД) наиболее ярко проявляется при размерах частиц 30-60 нм. Зависимость «доза-эффект» имеет свои особенности: наиболее активные концентрации для энергии прорастания 0,5 и 10,0 г/т (тонну семян); для роста корешка – 0,01, 0,1 и 1,0 г/т, массы 3-дневного ростка – 0,05 и 5,0 г/т; массы 7-дневного ростка – 0,1 и 1,0 г/т; для массы корешка – 0,5 г/т. Причем отличались концентрации друг от друга наиболее часто в 10 - 50 раз.

Размер пор в стенках клетки составляет до 20 нм, поэтому только НЧ и их агломераты, размером меньше диаметра крупных пор, предположительно могут проникать внутрь клеток и достигать плазматической мембраны (клеточной оболочки). Однако, под действием НЧ могут образовываться новые поры большего диаметра, и пропускная способность клеток увеличивается.

2. Наночастицы меди размером 18 - 20 нм, продемонстрировали эффект МД при более низких концентрациях: для энергии прорастания (на 3 день опыта) в концентрациях 0,05 и 5,0 г/т (разница в 100 раз). На 7 день опыта – всхожесть, длина и масса проростков были выше контроля при всех концентрациях, но максимальны при дозе 10,0 г/т.

Теоретические и экспериментальные исследования термодинамики малых частиц показывают, что размер частиц является активной термодинамической переменной, определяющей вместе с другими термодинамическими переменными

состояние системы. Наночастицы более малых размеров имеют высокую величину поверхности раздела. Как следствие, такие нанообъекты проявляют высокую физико-химическую активность. Результаты показывают, что «малые» дозы более эффективны, поскольку у организмов, видимо, нет системы защиты от них и, их сигнал в большей степени стимулирует процессы прорастания семян. В области «малых» доз на единицу массы зерна эффект влияния значительно выше, чем при «больших» дозах, но усиление эффекта влияния наночастиц с повышением концентрации идет до определенного предела.

3. НЧ меди с размером частиц 200 нм оказали влияние на изучаемые показатели только на 3-й день опыта и при очень высоких концентрациях (100-1000 г/т). Незначительные скачки показателей наблюдаются при дозах 10,0 и 100,0 г/т. Размер частиц 200 нм ограничивает их доступ к органеллам клетки, но длительное взаимодействие и увеличение их количества способствует биоаккумуляции и, они получают возможность воздействия на структуру клетки. Аккумуляция наночастиц меди была выявлена только у наночастиц размером более 200 нм при концентрации 100,0 г/т. При помощи электронной просвечивающей микроскопии было показано, что исследуемые растения поглощали нанодисперсные материалы из питательной среды. Накопление частиц других размеров обнаружено не было. Изучено влияние «малых доз» наночастиц меди с разным размером частиц и на активность антиоксидантных ферментов и фитогормонов в проростках огурца, горчицы белой, вики. При этом концентрация 10,0 г/т для размеров наночастиц 20-60 нм является предельной, где проявляется зависимость доза – эффект. Следует отметить, что изменения активности ферментов до концентрации 100 г/т не превышает значение 30%, то есть угнетение не происходит. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00510.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ НАНОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ОВОЩЕВОДСТВА ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

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

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, Рязань, genchurilov@yandex.ru

Одной из основных причин применения наночастиц в растениеводстве являются повышение урожайности и усиление устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. Наличие антибактериальной активности нанобиопрепаратов особенно важно для их успешного применения в сельском хозяйстве. Известно, что полезные бактерии в симбиозе с организмом играют огромную роль для его нормального функционирования. В литературных источниках отмечено, что применение микроорганизмов полифункционального действия в сельском хозяйстве способно повысить урожайность и качество продукта, при этом улучшить фитосанитарное состояние почвы, тем самым сохранив ее плодородие. Микроорганизмы не содержат питательных веществ, но способствуют улучшению питания сельскохозяйственных культур, и обогащению почвы полезной микрофлорой. Для оценки влияния совместного использования наноматериалов и бактерий на овощные культуры в условиях защищенного грунта мы использовали вид грамположительных спорообразующих аэробных почвенных бактерий - Bacillus subtilis. Данный вид изучен и, в силу присутствия антагонистических свойств против фитопатогенов, часто применяется в защите растений. Была изучена возможность создавать нанобиопрепараты при совместном присутствии наночастиц и бактерий и отработаны условия для их жизнеспособности в среде, содержащей наночастицы меди и кобальта определенных физико-химических характеристик, которые показали высокую биологическую активность и степень защиты растений.

Были проведены лабораторные испытания по взаимодействию штаммов Bacillus subtilis с наночастицами металлов Co и Cu различных концентраций и

определено их влияние на семена традиционных тепличных культур: огурец, редис, помидор. В экспериментах на семенах использовались коллоидные растворы, в концентрациях 0,01 г/л – 1,0 г/л наночастиц металлов с добавлением бациллы Bacillus subtilis в концентрации 108 КОЕ/мл.

В процессе эксперимента решены следующие задачи:

1. Оценка влияния нанобиопрепаратов на урожайность и качество продукции овощеводства закрытого грунта.
2. Биохимическая оценка действия препаратов на качественные показатели овощей.
3. Действие препаратов на фитосанитарное состояние почвы в производственных условиях.
4. Эколого-биологическая оценка активности микробных нанопрепаратов в овощеводстве закрытого грунта.

Выявлена в процессе исследований способность бактерии Bacillus subtilis усиливать и стабилизировать биохимическое действие наночастиц в период прорастания семян и это представляет практический интерес. Отмечается, что наночастицы способны изменять микробиологическую и ферментативную активность почв, вступая во взаимодействие с живыми организмами, находящимися в этой среде. В нашей работе изучено действие наночастиц разных размеров и установлено, что частицы размером 30-60 нм с определенными физико-химическими свойствами в концентрации не токсичны по отношению к бактерии Bacillus subtilis и проявляют высокую морфофизиологическую и биологическую активность. При этом они не накапливаются в растениях: ни в корнях, ни в ростках, что доказано методом электронно-микроскопических исследований и анализом распределения металлов в тканях на сканирующих электронных микроскопах Neon 40 и Merlin. Наиболее оптимальными концентрациями является 0,01 г/л наночастиц с добавлением 10^8 КОЕ/мл Bacillus subtilis. При испытаниях в теплицах было отмечено, что при использовании препарата происходит активизация деятельности микрофлоры почвенного грунта.

ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА

С.Т.Захидов[1], Н.М.Муджири[1], В.М.Рудой[2], О.В.Дементьева[2], А. А. Макаров[3], И. В. Макарова[4], Н.М.Абдуллаева[5], Л. Е. Андреева[4]

1) Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический факультет

2) Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН,

3) Национальный исследовательский университет “Высшая школа экономики”,

4) Институт молекулярной генетики РАН,

5) Дагестанский государственный университет, г. Махачкала

В последние годы проблема мутагенности наночастиц золота (НЧЗ), способных легко преодолевать клеточные и ядерные барьеры, активно изучается с привлечением разных биологических моделей. Так, согласно данным Балански и др. (Balansky et al., 2013), внутрибрюшинное введение беременным самкам мышей НЧЗ размером 100 нм приводило к резкому увеличению частоты встречаемости полихроматических эритроцитов со следами хромосомных поломок (микроядрами) в печени и периферической крови у плодов. В других экспериментах с использованием лимфоцитов периферической крови человека и линии клеток Raw264.7 (макрофаги мыши) после действия НЧЗ размером 5 и 15 нм также было отмечено существенное дозозависимое увеличение числа микроядерных клеток (Di Bucchianico et al., 2014). При этом в обоих типах клеток микроядра возникали в результате нарушений процесса сегрегации хромосом во время делений клеток, но не вследствие их поломок, т.е. использованные НЧЗ действовали скорее как эффективные анеугены, а не как кластогены. В литературе есть также данные (Schulz et al., 2012), показывающие, что НЧЗ размером 2, 20 и 200 нм не индуцировали у крыс увеличения числа полихроматофильных эритроцитов с микроядрами в костном мозге, а также повреждений молекул ДНК в клетках легких после однократной инстилляции этих частиц в трахеи. Отчетливо выраженный цитогенетический эффект ультрамалых НЧЗ (2-3 нм) был выявлен при анализе популяции ядерных эритроцитов у рыб (наши неопубликованные данные). В наших пилотных исследованиях, выполненных с помощью метода учета мейотических микроядер, сигнализирующих о наступлении грубых изменений в структуре хромосомного материала в мужских половых клетках, впервые установили, что

ультрамалые НЧЗ в зависимости от выбранных условий эксперимента способны проявлять мутагенную, антимутагенную и комутагенную активность (Захидов и др., 2017). С другой стороны, Джордж и соавт. (George et al., 2017) с помощью анализа метафазных хромосом и микроядерного теста показали, что НЧЗ размером 14 и 20 нм в концентрации 6.2, 12.5, 25 и 50 мг/мл не оказывали генотоксического действия на клетки яичника китайского хомячка (CHO). Частоты встречаемости клеток линии CHO с различными структурными аберрациями хромосом или микроядрами были минимальными и статистически значимо не отличались от регистрируемых для отрицательного контроля. По данным Майтек и соавт. (Mytych et al., 2015), 96-часовая обработка НЧЗ в разных концентрациях не индуцировала увеличения числа микроядер в популяции астроцитов в культуре, и, даже наоборот, частота встречаемости двуядерных клеток с микроядерными аберрациями достоверно снижалась по сравнению с отрицательным контролем. При помощи метода ДНК-комет, такие НЧЗ в малых концентрациях – 5.14, 0.51 и 0.0005 мг/мл – не индуцировали статистически значимого увеличения числа повреждений в структуре молекулы ДНК. Слабую генотоксическую активность проявили НЧЗ в отношении клеточной линии HepG2 (эпителиальные клетки гепатоцеллюлярной карциномы человека). В изученных образцах процент ДНК-хвостов составил соответственно 6.29, 6.12 и 6.72 ед. против 6.08 ед. в контроле (Singh et al., 2010).

Противоречивый характер имеющихся в литературе данных о генетической (мутагенной) активности НЧЗ, указывает на важность проведения дополнительных экспериментов, в том числе с привлечением большего числа других компетентных методов анализа и тест-систем. Только такие расширенные исследования позволят более полно прояснить проблему генетической безопасности этих уникальных и весьма перспективных для использования в промышленном производстве, биотехнологиях и, вероятно, в практической медицине, наночастиц.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАМАЛЫХ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА НА КЛЕТКИ ПЕЧЕНИ И СПЕРМАТОГЕННОГО ЭПИТЕЛИЯ У МУТАНТНЫХ МЫШЕЙ ЛИНИИ 129

С. Т. Захидов*, Н. М. Муджири*, В. М. Рудой**, О. В. Дементьева**, А. А. Макаров***, И. В. Макарова*****, Л. Е. Андреева*****

** Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический факультет, Москва*
*** Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва*
**** Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики", Москва*
***** Институт молекулярной генетики РАН, Москва*

Изучены цитогенетические последствия однократного воздействия ультрамалых наночастиц золота (НЧЗ) на гепатоциты и мужские половые клетки мышей линии 129, дефектных по гену ДНК-полимеразы йота.

Половозрелые мыши были разделены на контрольную и подопытную группы, каждая из которых состояла из 4 самцов. Контрольным животным внутрибрюшинно инъецировали по 0.2 мл физиологического раствора, тогда как подопытным особям однократно вводили по 0.2 мл золя НЧЗ размером 2-3 нм. Для определения частоты встречаемости генетически аномальных гепатоцитов и сперматогенных клеток использовали стандартный метод учета микроядерных аберраций; результаты выражали в промилле.

Цитогенетический анализ показал, что в интактной печени контрольных мышей линии 129 частота встречаемости гепатоцитов с микроядрами в среднем составила 7.8 ± 3.9 ‰, тогда как в опыте – 3.2 ± 2.2‰; разница средних значений статистически высоко достоверна при p = 0.046.

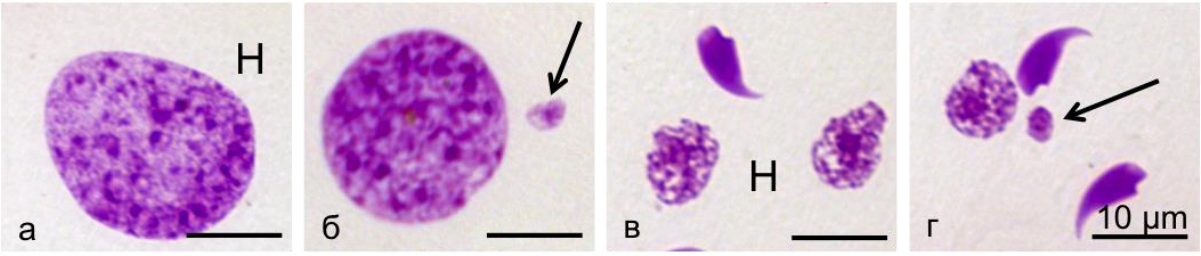


Рис. 1. Гепатоциты (а, б) и округлые сперматиды (в, г) с микроядрами (указаны стрелками); Н – норма. Окрашивание по Фельгену.

Тот факт, что после однократного воздействия НЧЗ на мышей линии 129 с дефектами в системе защиты клеток от генотоксических факторов, частота

встречаемости клеток печени с хромосомными аномалиями существенно уменьшалась по сравнению с контролем (на 59%) говорит о способности НЧЗ вызывать элиминацию значительного числа аберрантных гепатоцитов. Вопрос о том, поражают ли НЧЗ соседние генетически нормальные гепатоциты, или их цитотоксическое действие ограничивается только аберрантными клетками печени, пока остается открытым. Ранее с помощью теста на аномалии форм головок спермиев нами была обнаружена способность ультрамалых НЧЗ вызывать гибель значительной доли генетически неполноценных сперматозоидов у нормальных, физиологически устойчивых мышей-гибридов CBA × C57Bl/6 (Захидов и др., 2012).

В семенниках мышей линии 129, подвергшихся однократному воздействию НЧЗ, частота встречаемости округлых сперматид со следами хромосомных поломок увеличивалось несущественно по сравнению с уровнем спонтанного мутагенеза (4.6 ± 2.3‰ против 3.2 ± 1.1‰ в контроле); различия статистически недостоверны при $p = 0.165$.

Вместе с тем в популяции пахитенных сперматоцитов впервые было отмечено почти 5-кратное увеличение числа ядер, утративших гетерогаметический половой бивалент XY, в норме располагающийся на периферии основного ядра.

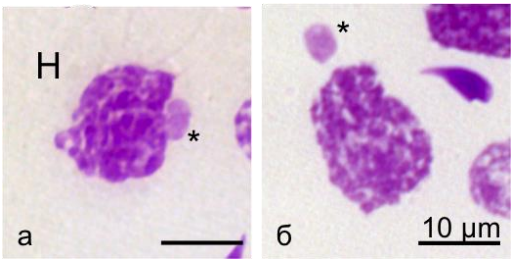


Рис. 2. Пахитенные сперматоциты (половые биваленты XY, или половые тельца, указаны звездочками). Н – норма. Окрашивание по Фельгену.

Столь крупная хромосомная аномалия, в конечном счете, может приводить к образованию сперматозоидов с нарушенным количественным балансом генетического материала, неспособных участвовать в процессе нормального оплодотворения.

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА РОСТ РАСТЕНИЙ

К.К. Хамитова[1], Д.В. Исмаилов[1], Д.С. Керимбеков[1], Ж.Е. Аяганов[1]

1) Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа, Алматы, Казахстан, khamitovakorlan@gmail.com

В настоящее время на основе фуллеренсодержащих материалов методом синтеза опробовано получение более трех тысяч новых соединений. Однако возникают вопросы о взаимодействии нанообъектов с живой клеткой ввиду их высокой дисперсностью и разнообразием физико – химических свойств. В зависимости от метода использования и характера углеродных наноматериалов, их воздействие на живой организм может возникать при вдыхании, проглатывании или поглощении наноматериалов через кожу. С учетом нынешнего и потенциального применения наночастиц возрастает их первичное и вторичное взаимодействие с окружающей средой как в производственных условиях, так и в сфере потребления. Поэтому существует необходимость в проведении научных исследований влияния наноматериалов на растения.

Опубликованные к настоящему времени результаты исследований влияния фуллеренов и их производных на растительный организм малочисленны и противоречивы. Данные противоречия могут быть обусловлены как видоспецифичностью к действию фуллеренов и физиологическим состоянием исследуемых растений, так и особенностями химической структуры и концентрацией используемых наночастиц. Показано, что фуллерен С60 в концентрации 500 мг/кг редуцирует прирост биомассы проростков кукурузы и сои. Установлен также ингибиторный эффект одной из водорастворимых форм фуллерена [$C70(C(COOH)_2)_{4-8}$] в концентрации 0,005–0,02 мг/мл на рост проростков арабидопсиса. Установлено, что фуллеренол [$C60(OH)_{24}$] стимулирует скорость прорастания семян ячменя. Прирост биомассы этиолированных проростков фуллеренол может стимулировать преимущественно за счет активации процесса поступления воды.

К сожалению, пока недостаточно научных разработок, чтобы вынести окончательную оценку о токсичности наноматериалов. Проведенные исследования внушают все таки надежду на возможное безопасное применение углеродных наноматериалов в промышленном масштабе. Следует понимать, что большинство экспериментов проводится в условиях, когда контакт наноматериалов с живым организмом достигается искусственным путем (имплантацией, капельным введением и т. д.), уровни доз необязательно отражают реальную картину. Современный химический анализ может

выявить наличие наночастиц в исследуемом объекте, но не определить токсическое воздействие. Необходимо учесть еще сложный и дорогостоящий процесс пробоподготовки для количественного определения. Также возможно, что нановещества уже вступили в реакцию с другими соединениями, это приводит к невозможности определения наличия вещества в организме, следовательно, и выявление его токсичных свойств. Все это приводит к существенным ограничениям при исследовании характера воздействия наночастиц.

Исходя из этого, предлагается использовать биологические методы, в частности биотестирование. Данный метод позволяет наглядно определить вред, наносимый различными веществами на живые организмы. В качестве тест- систем возможно использование растений, отличающихся высокой энергией и быстротой прорастания семян, хорошей чувствительностью к токсичным веществам. Например, это могут быть редис, пшеница, кресс- салат и др. При наличии токсичных веществ в почве, где помещены семена данных растений, наблюдается уменьшение числа всхожести, угнетения и уменьшения длины проростков.

Поэтому целью научного исследования является выявление характера воздействия наноматериалов на проростки растения, на примере фуллеренновой сажи, полученной путем сжигания в реакторе графитовых стержней в атмосфере инертного газа. Для исследования влияния фуллереновой сажи на растения были использованы семена редиса, так как культура является холодостойкой, выдерживает легкие заморозки, а также устойчива к высоким температурам, хорошо растет на любой, не слишком тяжелой почве. По результатам данного исследования был сделан предварительный вывод об отсутствии токсичного воздействия фуллеренновой сажи на растения. Планируется дальнейшее развитие данного направления в других вариациях и условиях.

ПЛЕНКИ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С ЛИПИДНЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ САНГВИНАРИНА КАК ОСНОВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ АНТИМИКРОБНЫХ ПОКРОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Луценко С.В.[1], Громовых Т.И.[1], Фан Ми Хань[2], Ле Тхи Туи Нхи[2], Фельдман Н.Б.[1]

1) ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

2) Биотехнологический центр города Хошимин, Вьетнам

Сангвинарин представляет собой бензофенантридиновый алкалоид, содержащийся в чистотеле большом (*Chelidonium majus*), маклейе мелкоплодной (*Macleaya microcarpa*), сангвинарии канадской (*Sanguinaria canadensis*) и др. Сангвинарин обладает широким спектром биологической активности, включая антимикробное и противогрибковое, противовоспалительное, антиадренергическое и противоопухолевое действие.

С помощью модифицированного эмульсионного метода с упариванием растворителя получены включающие бензофенантридиновый алкалоид сангвинарин липидные наночастицы с размером 182.3±6.7 нм и дзета-потенциалом –20.6±1.3 мВ. Эффективность включения сангвинарина в наночастицы составляла 72.9±1.5%. Исследование динамики высвобождения сангвинарина из состава наночастиц в диализную среду при физиологическом pH 7.4 показало, что данный процесс имеет пролонгированный характер. Продемонстрирована способность липидных наночастиц с сангвинарином к эффективной сорбции и постепенному высвобождению из матриц бактериальной целлюлозы, продуцируемой штаммом *Komagataeibacter nataicola* BC-B0007. Максимальное включение сангвинарина в составе наночастиц в гидратированные пленки бактериальной целлюлозы достигалось за 3 ч и составляло 848.0±43.2 мкг/г. Полученные пленки бактериальной целлюлозы с сорбированными на них липидными наночастицами сангвинарином исследовали на способность оказывать антимикробное действие *in vitro* с помощью диско-диффузионного метода. Высвобождающийся из пленок сангвинарин эффективно подавлял рост грамотрицательных и грамположительных бактерий, а также проявлял фунгистатическую активность в отношении условно-патогенных грибов. Результаты проведенного исследования позволяют рассматривать полученные пленки бактериальной целлюлозы, несущие липидные наночастицы с сангвинарином, как перспективную основу для создания антибактериальных повязочных материалов или трансдермальных лекарственных средств длительного ношения.

КАПСУЛЫ НА ОСНОВЕ ЭМУЛЬСИЙ ПИКЕРИНГА, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ НАНОАЛМАЗАМИ ИЛИ ИХ ГЕТЕРОАГРЕГАТАМИ С НАНОЧАСТИЦАМИ SIO2

К.В. Паламарчук[1], Т.В. Букреева[1,2]

1) Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт", 123182, Москва, kvp1239@mail.ru

2) Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Москва, Bukreeva_TV@nrcki.ru

В последние десятилетия развитие методов синтеза наноалмазов и понимание широты их возможных применений привели к тому, что они стали рассматриваться как один из самых привлекательных углеродных материалов для нанотехнологий. Благодаря флуоресценции, биосовместимости и простоты функционализации поверхности наноалмазы стали перспективным объектом для использования в биологии и медицине в качестве биомаркеров и систем доставки лекарств.

В разработках новых средств доставки лекарств значительный интерес вызывают капсулы, оболочка которых содержит наночастицы различной функциональности. При этом оболочка капсул позволяет защитить активный компонент от воздействия внешних факторов и осуществить пролонгированное действие препарата.

В настоящей работе впервые получены микрокапсулы на каплях эмульсии, стабилизированных наноалмазами или их гетероагрегатами с наночастицами SiO_2, с последующим нанесением полиэлектролитных слоев.

Первым этапом было создание устойчивой эмульсиии Пикеринга. Для этого в качестве дисперсной фазы использовали 10 об.% додекана. Дисперсионная среда представляла собой водные дисперсии наночастиц с суммарной концентрацией 3 мас.% (pH 4). При этом использовали дисперсии наночастиц SiO_2 и наноалмазов и их смеси с массовым соотношением наночастиц от 1:1 до 20:1. Эмульгирование проводили на ультразвуковом гомогенизаторе при мощности 60 Вт.

Эмульсии, стабилизированные только наноалмазами, имели средний размер 3,2 мкм и коэффициент полидисперсности 1,25. При снижении массового содержания наноалмазов и увеличении доли диоксида кремния средний размер капель снижался и система становилась менее полидисперсной. Минимальные средний размер и коэффициент полидисперсности наблюдались при соотношении наночастиц SiO_2 и наноалмазов 8:1 – средний размер масляных капель составлял 2,5 мкм, коэффициент полидисперсности – 0,81. Дальнейшее снижение

содержания наноалмазов приводило к увеличению размера капель. При этом система становилась более полидисперсной. Эмульсии, стабилизированные наночастицами диоксида кремния без наноалмазов, обладали наибольшими диаметром капель (7,2 мкм) и коэффициентом полидисперсности (1,68) и были не устойчивы – в первые минуты после получения выделялось до 30 об.% масляной фазы.

Следующим этапом формирования капсул было нанесение полиэлектролитных слоев на стабилизированные наночастицами капли масла. Был взят образец с массовым соотношением наночастиц SiO_2 к наноалмазам 8:1. В качестве поликатиона использовали полиаллиламин, в качестве полианиона – полистиролсульфонат. Для адсорбции полиэлектролитного слоя эмульсию добавляли к раствору полимера в соотношении 1:10 при перемешивании. После этого эмульсию уплотняли центрифугированием и промывали от излишка полимера (все операции проводили при pH 4). Об успешном нанесении полиэлектролитных слоев судили по изменению дзета-потенциала системы. Изначально капли дисперсной фазы эмульсии Пикеринга имеют слабый отрицательный заряд: дзета-потенциал составляет –11 мВ. В результате нанесения 1-го слоя поликатиона дзета-потенциал изменяется до +54 мВ. При адсорбции 2-го слоя (полистиролсульфоната) оболочка коллоидосом приобретает отрицательный заряд: дзета-потенциал равен –19 мВ. Капсулы с 3-мя слоями полиэлектролитов имели дзета-потенциал +39 мВ, с 6 слоями – –26 мВ, с 9 слоями – +26 мВ.

Таким образом, в результате работы установлено оптимальное соотношение наночастиц SiO_2 и наноалмазов для формирования эмульсии Пикеринга. Устойчивость такой системы обусловлена активной поверхностью наноалмазов, которые, по-видимому, образуют гетероагрегаты с наночастицами диоксида кремния. Для модификации капель полученной эмульсии Пикеринга успешно использована послойная электростатическая адсорбция полиэлектролитов. Этот подход позволяет создавать оболочки капсул контролируемой толщины и проницаемости, а также обеспечивает управление физико-химическими свойствами их поверхности.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, 17-53-10013 КО_а.

ЛИОТРОПНЫЕ ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ ЛЕЦИТИНА С НАНОЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА

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

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

Самоорганизующиеся наноструктуры лецитина могут использоваться в медицине и косметике в качестве носителей для доставки биологически активных веществ [1]. Например, для этого были предложены лиотропные жидкие кристаллы в системе лецитин – жирное растительное масло – эфирное масло – вода. Активными компонентами медицинских и косметических средств могут являться наночастицы серебра, обладающие бактерицидным действием. Целью работы являлась разработка методики синтеза жидких кристаллов лецитина, содержащих наночастицы серебра, и исследование влияния наночастиц на их вязкость.

Для получения образцов жидких кристаллов использовали соевый лецитин «Мослецитин». Он сертифицирован и разрешен Минздравом РФ к применению в качестве биологически активной добавки. Водная дисперсия наночастиц серебра была получена методом диспегирования в электродуговом разряде в воде на кафедре «Радиоэлектроника, телекоммуникации и нанотехнологии» МАИ [2]. Наночастицы серебра вводились в образец в виде водной дисперсии с концентрацией серебра 30 мг/л. Гидродинамический диаметр частиц, определенный методом динамического светорассеяния на приборе Zetasizer Nano ZS (Malvern, Великобритания), составлял примерно 10 нм, дзета-потенциал равнялся примерно -28 мВ.

Была разработана методика получения жидких кристаллов с наночастицами серебра в бинарной системе лецитин – вода и в четырехкомпонентной системе лецитин – жирное растительное масло – эфирное растительное масло – вода. Основными операциями при получении жидких кристаллов в четырехкомпонентной системе являлись:

1) получение «масляной части» образца - растворение половины от необходимого количества лецитина в растительном масле при температуре 60 °C и перемешивании со скоростью 500 об/мин, охлаждение до 35 °C и введение в эфирного масла;
2) получение «водной части» образца - смешивание второй половины лецитина с водой при 35 °C и перемешивании со скоростью 500 об/мин;

3) соединение «водной» и «масляной» частей – смешивание при 35 °C со скоростью 500 об/мин до образования гомогенного образца жидкого кристалла.

Было изучено влияние наночастиц серебра на вязкость жидких кристаллов в бинарной системе лецитин – вода и в четырехкомпонентной системе лецитин – жирное растительное масло – эфирное растительное масло – вода. Динамическая вязкость полученных образцов измерялась при помощи вискозиметра Haake Viscotester iQ при температуре от 25 С° до 65 С° в диапазоне скоростей сдвига 0,01 - 10 $с^{-1}$ при возрастании скорости сдвига. Для обеих систем было показано, что при температуре 25 °C при низких скоростях сдвига вязкость жидких кристаллов с наночастицами серебра выше, чем вязкость контрольного образца. При высоких скоростях сдвига разница в вязкости не наблюдалась. Вязкость образцов жидких кристаллов с наночастицами серебра в диапазоне скоростей сдвига 0,02-0,45 $с^{-1}$ выше по сравнению с образцом без наночастиц в среднем на 22 % в четырехкомпонентной системе и в среднем на 38 % выше в бинарной системе. При температуре 35 °C указанное влияние наночастиц на вязкость сохраняется, но разница в вязкости по сравнению с контрольным образцом выражена в меньшей степени. При дальнейшем повышении температуры разница в вязкости образцов с наночастицами и контрольных образцов не наблюдалась. Полученные результаты можно объяснить встраиванием наночастиц в структуру ламеллярного жидкого кристалла, где они играют роль «мостиков» между бислоями лецитина.

Литература

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

2. Остроухов Н.Н., Тянгинский А.Ю., Слепцов В.В., Церулев М.В. Электроразрядная технология получения, диагностика и биологическое применение гидрозолей металлов с частицами нанометрового размера // Физика и химия обработки материалов. 2013. №1. С.77-82.

ПОЛУЧЕНИЕ И СТАБИЛИЗАЦИЯ НАНОЭМУЛЬСИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ЛЬНЯНОЕ МАСЛО

Иванова Я.О., Рымша В.А., Королёва М.Ю

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

Одним из перспективных направлений современной фармацевтики является адресная доставка лекарственных веществ. Наноэмульсии, содержащие капли дисперсной фазы размером 20-50 нм [1], способны инкапсулировать различные биологически активные соединения, поэтому они могут использованы, как носители для доставки лекарственных веществ [2, 3].

В данной работе были исследованы прямые наноэмульсии, содержащие в качестве дисперсной фазы масло семян льна (Línum usitatíssimum), методом температурной инверсии фаз [4]. Доля дисперсной фазы была равной 25 об.%. Наноэмульсии были стабилизированы Tween 60 и Span 60 в соотношении 70:30. На рис. 1 приведено распределение капель по размерам в наноэмульсии с суммарной концентрацией ПАВ 12,5 об.%. На гистограмме имеется только один максимум, соответствующий 14 нм. Размеры капель находятся в диапазоне 12-18 нм.

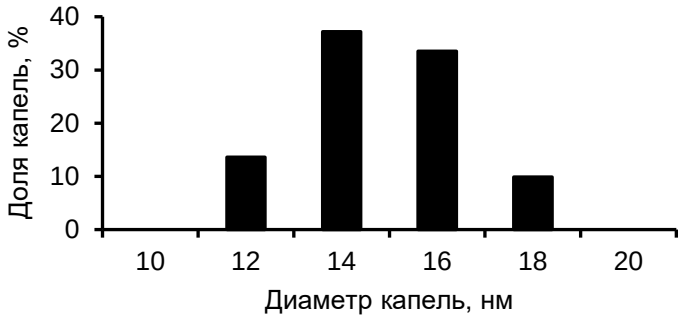


Рис. 1. Распределение по размерам капель льняного масла в наноэмульсии, содержащей 12,5 об.% ПАВ

На рис. 2 показана зависимость среднего диаметра капель от суммарной концентрации Tween 60 и Span 60. При увеличении концентрации ПАВ от 2 до 15 об.% происходило уменьшение среднего диаметра наноэмульсий от 93±7 нм до 15±2 нм. В интервале концентраций ПАВ от 7,0 до 12,5 об.% диаметр капель

оставался приблизительно одинаковым. Увеличение концентрации ПАВ от 12,5 до 15 об.% приводило к увеличению среднего диаметра капель.

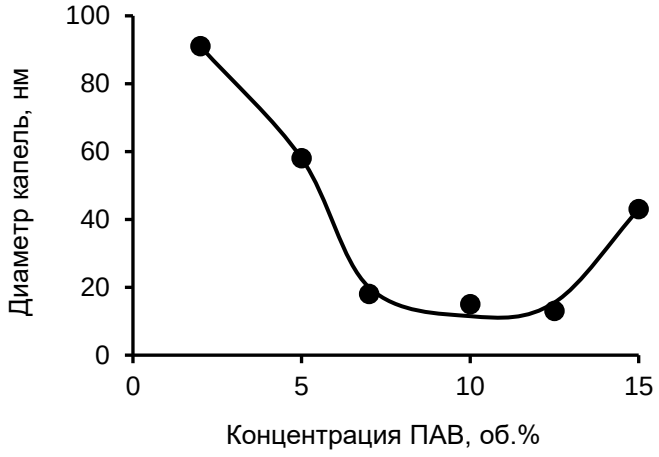


Рис. 2. Влияние суммарной концентрации Tween 60 и Span 60 на средний размер капель наноэмульсии

При низкой концентрации ПАВ его количество было недостаточным для стабилизации капель льняного масла. Поэтому протекала коалесценция капель до тех пор, пока адсорбционный слой на поверхности капель не становился предельно заполненным. При более высоких концентрациях избыточное количество ПАВ диспергировалось в дисперсионной среде, что также приводило к частичной коалесценции капель льняного масла.

Таким образом, при использовании метода температурной инверсии фаз можно получать прямые наноэмульсии льняного масла с размером капель ~15 нм.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части государственного задания контракт № 10.4650.2017/6.7.

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. 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, Vol. 2(4), p. 233-239
3. Koroleva M.Y. Nagovitsina T.Y., Yurtov E.V. Properties of nanocapsules obtained from oil-in-water nanoemulsions // Mendeleev Communications, 2015, Vol. 25(5), p. 389-390
4. 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

РАЗРАБОТКА НАНОБИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БЛОКЧЕЙН-ПРИЛОЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ OLAP-ТЕХНОЛОГИЙ ОПЕРАТИВНОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ СТЕГАНОГРАФИИ ДЛЯ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ

Раткин Л.С.[1,2,3]

1) *НИЦ «Курчатовский институт», Москва,*
2) *ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва,*
3) *ООО «АРГМ», Москва, rathkeen@bk.ru*

Разработаны блокчейн-приложения, в которых используются OLAP-технологии (On-Line Analytical Processing, OLAP) оперативной аналитической обработки информационных массивов данных о нанобиотехнологических разработках. Приложения применимы, в т.ч., для исследования процессов взаимодействия ферментов на наномолекулярном уровне и могут использоваться в АПК и медицине. Особенностью разработки является применение методов компьютерной стеганографии для суперкомпьютеров, что позволяет компактно и распределено хранить финансово-экономические, медико-технологические и иные данные о нанобиотехнологической продукции и проектах ее производства, например, о сроке окупаемости, этапе НИР, возврате заемных средств, объеме капиталовложений и собственных средств, периоде хранения. Разработка позволяет проводить анализ с подключением по защищенным телекоммуникационным линиям баз данных и репозиториев по нанобиотехнологиям, в т.ч., по нанофармацевтике, АПК. Разработанные приложения совместимы с рядом российских и зарубежных программных продуктов. Согласно данным ФГУ ФИПС Роспатента, аналогами разработки является продукция «Microsoft Corporation» и «Sun Microsystems» с уровнем релевантности «А». Разработка нанобиотехнологических приложений для суперкомпьютеров защищена патентом на изобретение без соавторов в России и за рубежом.

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИТОВ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С НАНОЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА И ВИТАМИНАМИ

Т.И. Громовых [1], А.Ю. Васильков [2], Н.Б. Фельдман [1], А.К. Демченко [1], А.В. Люндуп[1], И.В. Бутенко [1], П.С. Громовых[3], Н.В. Жилинская [3], С.В. Луценко[1]

1) ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва, gromovykhtatyana@mail.ru

2) *Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук (ИНЭОС РАН), Москва, alexandervasilkov@yandex.ru*

3) ФГБУН ФИЦ Питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, tashenka13@yanbox.ru

Бактериальная целлюлоза является одним из наиболее перспективных и эффективных биополимеров, уникальные структура и физико-химические свойства которой послужили основанием для её применения в медицине как покровных материалов. Анализ научных исследований показал, что разработка новых продуктов на основе композитов бактериальной целлюлозы, которые обладали бы пролонгированным лечебным действием, очень актуальна в современных методах лечения гиповитаминозов и раневых инфекций. Полученные препараты будут обладать пролонгированным действием с улучшенной биодоступностью биологически активных веществ.

Цель исследований: получение композитов матриц бактериальной целлюлозы с наночастицами серебра и витаминами: оценка цитотоксических свойств.

Полисахарид бактериальную целлюлозу в виде пленок получали в условиях стационарного жидкофазного культивирования штамма *Gluconacetobacter hansenii* GH-1/2008 (ВКПМ В-10547) на среде Хестрина-Шрэмма с источником углерода глюкозой. Разработка матриц включала получение гидрогелей в виде пленок, аэрогелей и порошкообразной форм бактериальной целлюлозы. Для освобождения от клеток продуцента и эндотоксинов сырые пленки бактериальной целлюлозы отмывали раствором RIPA в течение 72 часов с заменой раствор на свежий каждые 24 часа, а затем многократно дистиллированной водой и стерилизовали. Получение однородной гель-массы бактериальной целлюлозы проводили в водной среде при помощи гомогенизатора, измельчая до частиц

размером не более 2,0 мм^3, после чего полученную массу стерилизовали и хранили в закрытых сосудах. Порошок бактериальной целлюлозы получали путем замораживания гель-массы при минус 80,0°С с дальнейшим лиофильным высушиванием и измельчением полученной сухой целлюлозы до размера частиц 0.1-0.3 мм^3. Получение аэрогелей бактериальной целлюлозы проводили путем замораживания блоков пленок площадью 1 см^2 и высотой 1,0 см при температуре минус 80,0 °С с дальнейшим лиофильным высушиванием.

Композиты на основе бактериальной целлюлозы и наночастиц металла получали пропитыванием порошка и пленок целлюлозы органозолем серебра в изопропаноле, полученным методом металло-парового синтеза, при котором серебро (99.99 %) испаряли в вакууме 10^{-4} мм рт. ст. и конденсировали одновременно с изопропанолом на стенках реактора, охлаждаемого жидким азотом. Было установлено, что поверхность бактериальной целлюлозы эффективно стабилизирует наночастицы серебра. При увеличении концентрации металла цвет композита изменяется от серого до черного.

Оценку способности к адсорбции витаминов B_1, B_2, B_{12} матрицами бактериальной целлюлозы проводили в статических условиях выдерживанием в растворах в определенный период времени. Расчетным путем показано, что различные матрицы неодинаково адсорбируют водорастворимые витамины. Максимальной адсорбирующей способностью обладают аэрогели бактериальной целлюлозы.

Оценку цитотоксичности полученных композитов бактериальной целлюлозы с витаминами и наносеребром проводили на первичной культуре фибробластов кролика и клеточной линии меланомы человека (SK-MEL-1) с помощью реагента PrestoBlue. Показано, что композиты проявляют выраженную цитотоксичность по отношению к опухолевым клеткам меланомы человека (жизнеспособность клеток снижается до 15.7% в сравнении с контролем) и невысокую цитотоксичность к первичной культуре фибробластов кролика (жизнеспособность клеток снижается до 72.6%).

Организация науки и образования в сфере нанотехнологий

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ РОСНАНО

Н.В. Семакина

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

Представлен опыт разработки и реализации программ профессиональной переподготовки и повышения квалификации специалистов инновационной сферы на базе Института дополнительного профессионального образования Ижевского государственного технического университета имени М.Т. Калашникова при участии ученых кафедры «Химия и химическая технология» в рамках образовательных проектов ФИОП РОСНАНО:

1. «Разработка дополнительной профессиональной образовательной программы переподготовки в области разработки и производства танталовых чип-конденсаторов и суперконденсаторов» (Договор № ФИОП/БА-12 от 18.06.2012 г.) [2, 3].

2. «Разработка дополнительной профессиональной образовательной программы переподготовки в области проектирования и контроля качества накопителей энергии на основе наноструктурированных материалов» (Договор № ФИОП/БА-15 от 01.06.2015 г.) [4, 5].

3. «Российские инновационные ресурсосберегающие технологии для повышения экономической эффективности строительства и сферы ЖКХ» (Договор № ФИОП/ВП-18 от 02.07.2018 г.) [6].

Описаны этапы создания образовательных продуктов, их структура, содержание учебных модулей, методы и формы обучения, результаты пилотной реализации программ.

Образовательные программы имеют модульную организацию и представляют собой конструкцию из учебных модулей: базовых, реализуемых в дистанционном режиме, и специализированных. Основу программ составляют производственная и технологическая практики, а также выпускная работа исследовательского характера по заданным руководством компаний-работодателей темам. Обучающиеся по программе специалисты проходят краткосрочные стажировки в ведущих исследовательских центрах.

В составе образовательных программ разработаны УМК, включающие рабочие программы учебных модулей, контрольно-измерительные материалы с описанием способов их использования для оценивания конечных и промежуточных результатов обучения, учебные и методические материалы.

По разработанным программам успешно прошли обучение специалисты ОАО «Элеконд» (г. Сарапул, Удмуртская Республика); АО «ИЭМЗ «КУПОЛ»; Консорциум «ГК «Стена» (г. Ижевск, Удмуртская Республика).

Учебные материалы используются также в образовательном процессе университета для студентов по направлениям «Электроэнергетика и электротехника», «Конструирование и технология электронных средств», «Строительство».

Литература

1. Семакина Н.В., Кодолов В.И. Разработка образовательной программы профессиональной переподготовки и УМК в области разработки и производства наноструктурированных полимерных материалов // Достижения науки – агропромышленному производству: сб. матер. LIII междунар. науч.-техн. конф. под ред. докт. техн. наук П. Г. Свечникова. Челябинск: ЧГАА, 2014.Ч. IV. С. 62-67.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. Семакина Н.В. Опыт использования технологии «e-Learning» в переподготовке инженерных кадров // Инновации в образовании [Электронный

ресурс]: электронное научное издание: сборник материалов научно методической конференции преподавателей и сотрудников ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, Ижевск, 13-15 апреля 2016 года / ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т.Калашникова». Ижевск: ИННОВА, 2016. С. 211-213.

6. Семакина Н.В. Повышение квалификации в области строительства и сферы ЖКХ // Материалы LVIII международной научно-практической конференции «Достижения науки – агропромышленному комплексу» / под ред. проф., д-ра с.-х. наук М. Ф. Юдина. Челябинск: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2019.Ч. IV. С. 55-60.

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ НАНОИНДУСТРИИ

В.В. Рыбалко, В.А. Шеламов

Российский новый университет, Москва, rosnou@rosnou.ru

Цифровые технологии массово внедряются в образование и уже сегодня наглядно видно, как эта мощная волна меняют образовательный процесс [1,2, 3]. Считается, что традиционное образование все сильнее будет тесниться цифровым, при этом снизится необходимость находиться в аудитории, очно общаться с преподавателем, работать в библиотеках в поисках учебных и иных материалов. Преподаватель предположительно превращается из носителя транслируемых знаний и умений в навигатора, который помогает ориентироваться в базах знаний [4].

Однако образование это не просто передача знаний, это ещё и дискуссия, обсуждение различных концепций, и, что особенно важно для естественно-научных направлений подготовки, наработка практических профессиональных навыков (компетенций). Одним из основных инструментов формирования компетенций категории «уметь» и «владеть» являются лабораторные работы. Информационные технологии в Российской высшей школе уже более 15 лет используются для создания лабораторных практикумов различных категорий. Эта,

фактически традиционная для нас, «цифровизация» даже привела к созданию устоявшихся типов лабораторного практикума (рис.1).

Рис. 1. Условная классификация лабораторных работ

Рис. 2. Комплект оборудования тренажёра ИК фурье-спектрометра

В тоже время полная замена лабораторных работ виртуальными (та самая глобальная цифровизация) не оптимальна, так как каждый из типов работ имеет свои достоинства и недостатки. Выбор типа лабораторной работы должен осуществляться в зависимости от поставленной цели в рамках конкретной дисциплины.

Исходя из этого обстоятельства в Российском новом университете (РосНОУ) разрабатываются и внедряются в учебный процесс лабораторные практикумы различных типов. Сюда входят и виртуальные работы, приоритетной задачей которых является изучение с помощью математических моделей физических явлений (например, «Исследование температурной зависимости электропроводности углеродных нанотрубок» и др.), и практикумы, призванные дать возможность студентам получить практические навыки работы на наукоёмком аналитическом и технологическом оборудовании. Примером такой разработки является тренажёр ИК фурье-спектрометра (рис.2). Набор осваиваемых на тренажёре навыков включает и подготовку образцов для исследования, и проведение собственно исследований с последующим анализом и интерпретацией полученных результатов.

В докладе изложен, выработанный в РосНОУ, подход к формированию лабораторного практикума для естественно-научных дисциплин, а также

приведены результаты работы университета по созданию и внедрению в учебный процесс новых учебных средств и образовательных технологий.

Литература

Пронин Э.А., Тренды развития образования в цифровую эпоху. http://akvobr.ru/trendy_razvitiya_obrazovaniya_v_cifrovuyu_epohu.html

Распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р "Цифровая экономика Российской Федерации"

Мелешко В., Главный тренд российского образования – цифровизация. http://www.ug.ru/article/1029

Тульчинский Г. Л., Цифровая трансформация образования: вызовы высшей школе. Философские науки. 2017. № 6. С. 121-136.

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ПО РЕГИСТРАЦИИ ПРАВ НА ОБЪЕКТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ В СФЕРЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ РАБОТЫ МЕЖДУНАРОДНОГО РОССИЙСКО-ЮЖНОКОРЕЙСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА НЕПРЕРЫВНОГО КРЕАТИВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Раткин Л.С.[1,2,3]

1) *НИЦ «Курчатовский институт», Москва,*
2) *ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва,*
3) *ООО «АРГМ», Москва, rathkeen@bk.ru*

Разработанная авторская уникальная методика регистрации прав на объекты интеллектуальной собственности (ОИС) позволила получить более 200 положительных решений на регистрацию прав на ОИС в России и за рубежом, в т.ч.. в сфере нанотехнологий. Методика подготовки специалистов для регистрации прав на ОИС разработана автором на кафедре «Инженерное творчество и образовательные инновации» МГИУ для Международного российско-южнокорейского научного центра непрерывного креативного образования (МРЮ НЦ НКО). Руководитель кафедры – разработчик Многоуровневой системы непрерывного креативного образования, основоположник Системы креативного инженерного образования, основатель и научный руководитель Межвузовского научно-образовательного центра инженерного творчества МГИУ, основатель и первый директор МРЮ НЦ НКО, руководитель Проблемного совета «Творчество в профессиональном образовании» д.п.н. профессор Зиновкина М.М. (1932-2016).

В рамках выполнения работ по обеспечению научно-образовательной деятельности Международного российско-южнокорейского научного центра непрерывного креативного образования (NFTM-TRIZ-CENTER) при участии МГИУ, Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», ФГУ ФНЦ «Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук» (НИИСИ РАН) и ООО «АРГМ» разработана специализированная Программа по защите интеллектуальной собственности в РФ.

Коммерциализация нанотехнологий и внедрение в промышленное производство

ПРИМЕНЕНИЕ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИХ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И ПОСТАВЩИКОВ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ НА БАЗЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОЙ OLTP-СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОЙ ОБРАБОТКИ ТРАНЗАКЦИЙ

Раткин Л.С.[1,2,3]

1) *НИЦ «Курчатовский институт», Москва,*
2) *ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва,*
3) *ООО «АРГМ», Москва, rathkeen@bk.ru*

Для коммерциализации нанотехнологий и внедрения их в промышленное производство на основе защищенной патентом на изобретение авторской методики разработаны стеганографические блокчейн-технологии, которые использовались для построения информационной системы производителей и поставщиков нанотехнологической продукции. Ввод данных в систему осуществляется как через клавиатуру, так и через сканеры продуктовых кодов, что значительно упрощает накопление и распределенное хранение информации. Основой является суперкомпьютерная OLTP-система (On-Line Transaction Processing, OLTP) оперативной обработки транзакций, в которую интегрированы механизмы блокчейн-транзакции, перекрестной адресации и скрытого хранения. Система позволяет накапливать и перераспределять информационные массивы, проводить перегруппировку блоков данных между разными серверами в зависимости от частоты востребованности и интенсивности запросов по различным товарным группам, анализировать риски и применять усиленные протоколы защиты данных. Патентом на изобретение без соавторов защищен механизм распределенного хранения контактных данных о производителях и поставщиках нанотехнологической продукции. Завершается процесс зарубежного патентования.

Гуманитарные, социальные и философские аспекты современных нанотехнологий

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ: АНАЛИЗ ФЕДЕРАЛЬНОЙ И РЕГИОНАЛЬНЫХ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ БАЗ В СФЕРЕ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИНВЕСТИЦИЙ

Раткин Л.С.[1,2,3]

1) *НИЦ «Курчатовский институт», Москва,*
2) *ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва,*
3) *ООО «АРГМ», Москва, rathkeen@bk.ru*

Для уточнения степени загрязнений окружающей среды промышленными предприятиями и методов ее решения с применением наноиндустриальной продукции проведен анализ федеральной и региональной нормативно-правовых баз в сфере нанотехнологических инвестиций. Выявлен ряд правовых пробелов и внутренних и внешних противоречий в текстах нормативно-правовых документов (НПД), сдерживающих инвестиции в строительство очистных сооружений и технологии рекультивации почв, в т.ч., с применением нанотехнологий. Также проведен сравнительный анализ российских и зарубежных НПД, регулирующих применение нанотехнологий, для оценки эффективности капиталовложений в наноиндустриальные проекты. Для идентификации правовых пробелов и внутренних и внешних противоречий разработана методика построения индивидуального номера документа и технологии конструирования абсолютной и относительной адресации в текстах НПД. Проведенная работа по устранению правовых пробелов и внутренних и внешних противоречий в текстах НПД способствовала эффективной реализации ряда нанотехнологических инвестиционных проектов в сфере экологии для промышленных предприятий федерального и регионального уровня на условиях государственно-частного партнерства.

«ДОРОЖНАЯ КАРТА» ЕДИНСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Н.Н. Нурахов[1], М.М. Телемтаев[2]
[1]НИЦ «Курчатовский институт» n.nurakhov@gmail.com,
[2]ИП «Телемтаев М.М. m.telemtaev@gmail.com

Дорожная карта представляет собой целостный методологический комплекс, обеспечивающий единство решения задач производства и потребления услуг по обеспечению безопасности деятельности (кратко – УБД). Комплекс позволяет производителю УБД и пользователю УБД в единстве решать, как вновь возникшие «неизвестные» проблемы безопасности деятельности (кратко – БезопДеят), так и регулярно возникающие «известные» проблемы БезопДеят.

УБД – услуги по обеспечению безопасности деятельности предоставляются физическим или юридическим лицом - производителем УБД. Деятельность производителя УБД должна обеспечивать целостное и безопасное выживание, сохранение и развитие деятельности определенного пользователя УБД, потребляющего результаты деятельности производителя УБД.

Проблему БезДеят пользователя УБД в общем смысле мы определили как устойчивое противоречие между желаемым и действительным состояниями пользователя в смысле безопасности; проблемы БезопДеят могут находиться в актуальном (нерешенном) состоянии или в состоянии удовлетворительного разрешения.

Дорожная карта содержит 12 комплексов задач, в каждом из которых структурированы задачи построения и применения моделей, информационных технологий и баз данных, необходимых для согласованного решения задач производства и потребления УБД.

Первый комплекс задач направлен на упорядочение проблемных триад пользователя БД «проблема – носитель проблемы – результат».

В первом комплексе структурированы 18 задач построения и применения моделей, информационных технологий и баз данных (далее – М, ИТ, БД).

Второй комплекс задач направлен на поддержку производственно-технологической триады производителя УБД «субъект – объект – результат».

Считается, что каждый результат (продукт, изделие) деятельности производителя УБД обеспечит решение определенной актуализировавшейся проблемы БД.

Структурированы 12 задач построения и применения М, ИТ, БДх.

Третий комплекс задач направлен на поддержку триады доставки результата (продукта) производителя УБД потребителю УБД «управление доставкой – технология доставки результата – получение результата носителем проблемы БД». Структурированы 3 задачи построения и применения М, ИТ, БД.

Четвертый комплекс задач направлен на поддержку триады потребления результата производителя УБД потребителем УБД «управление потреблением – технология потребления результата производителя УБД – решение проблемы БД ее носителем». Здесь структурированы 6 задач построения и применения М, ИТ, БД.

Пятый комплекс задач направлен на поддержку триады миссионерской цели производителя УБД «управление достижением миссионерской цели – технология достижения миссионерской цели – оценка достижения миссионерской цели». Структурированы 6 задач построения и применения М, ИТ, БД.

Шестой комплекс задач направлен на поддержку триады собственной и групповой целей производителя УБД «управление достижением собственной и групповой целей – технология достижения собственной и групповой целей – оценка достижения собственной и групповой целей». Структурированы 6 задач построения и применения М, ИТ, БД.

Седьмой комплекс задач направлен на поддержку триады собственной, групповой и миссионерской целей пользователя БД «управление достижением собственной, групповой и миссионерской целей – технология достижения собственной, групповой и миссионерской целей – оценка достижения собственной, групповой и миссионерской целей». Структурированы 6 задач построения и применения М, ИТ, БД.

Восьмой комплекс задач направлен на поддержку единства формирования и осуществления комплекса проблемно ориентированных триад деятельности пользователя БД в виде триады «субъект – объект – результат». Структурированы 3 задачи построения и применения М, ИТ, БД.

Девятый комплекс задач направлен на поддержку каждого процесса в деятельностных триадах производителя УБД «субъект – объект – результат» в виде единого технологического процесса, отвечающего требованиям целостного метода. В соответствии с целостным методом процесс в деятельностных триадах может быть представлен в виде целостной совокупности таких компонент, как анализ, исследование, проектирование, производство, управление, экспертиза, разрешение, контроль, архив.

Структурированы 3 задачи построения и применения М, ИТ, БД.

Десятый комплекс задач методологии производителя УБД - поддержка формирования и осуществления каждого процесса в деятельностных триадах производителя УБД «субъект – объект – результат» в виде целостного процесса достижения цели, решения задач, состоящего из семи взаимосвязанных процессов выбора. Структурированы 3 задачи построения и применения М, ИТ, БД.

Одиннадцатый комплекс задач методологии производителя УБД – регулярная поддержка, на всех стадиях жизненного цикла, процесса эксплуатации целостной методологии практики производителя УБД. Здесь осуществляется, на постоянной основе, систематизация и приведение всего множества концепций построения моделей, информационных технологий и баз данных производителя УБД в соответствие с представлениями целостного метода. Структурированы 3 задачи построения и применения М, ИТ, БД.

Двенадцатый комплекс задач направлен на поддержку управления развитием целостной методологии практики производителя УБД на всех стадиях жизненного цикла производителя УБД. Структурированы 3 задачи построения и применения М, ИТ, БД.

Актуальность предлагаемой методологии очевидна ввиду следующих обстоятельств:

- все факторы опасности и угроз через некоторое время будут объединены в единое целостное «поле опасностей и угроз», в котором взаимосвязи между ними будут усиливаться, в связи с чем необходим целостный методологизм теории и практики деактуализации факторов опасностей и угроз. Предлагаемая методология направлена на работу с полем опасностей и угроз для опережающего выявления

траекторий реальных опасностей и угроз в пространстве поля опасностей и угроз. Кроме того, в поле опасностей и угроз возникнет и будет возрастать доля нереализуемых опасностей и угроз – доля помех. Это подобно, напр., возрастанию доли нереализуемой (бесполезной) информации в обществе;

- будет усиливаться непредсказуемость проявления опасностей и угроз в связи с наращивающимся объемом поля угроз, трудностью выявления реального потенциала опасностей и угроз и непригодностью имеющихся методов мониторинга опасностей и угроз для условий целостного поля опасностей и угроз.

На смену совокупности фрагментарных исследований и прогнозов угроз должна прийти предлагаемая методология принятия решений на поле угроз.

СПИНТРОНИКА И МАГНЕТОН БОРА. УЧЕТ УПРУГОГО ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ТЕПЛОВОЙ ЗАДАЧИ ТРЕНИЯ

Г. С. Ивасышин

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Псковский государственный университет. Псков. Россия, genrih.ivasyshin@yandex.ru

Рассмотрены особенности влияния упругого последействия на решение тепловой задачи трения твердых тел, обладающих набором тепловых колебаний.

Учет тепловых явлений и, в частности, тепловой динамики трения необходим при решении одной из наиболее актуальных проблем трибологии — повышения работоспособности материалов и узлов трения в широком диапазоне температур [1]. Автором была установлена неизвестная ранее закономерность аддитивности упругого последействия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения, заключающаяся в том, что в упругой и пластической областях твердых тел в зоне их фрикционного контакта происходит суммирование (аддитивность) упругих и пластических последействий, вызывающих изменения фрикционных связей, физико-механических характеристик материала и пространственного положения пары трения, обусловленная направленным перемещением дислокаций в упругой и пластической областях пары трения [2].

Определение модуля Юнга E, модуля сдвига *G* и коэффициента Пуассона ν с учетом упругого последействия ведет к совершенствованию расчетов предварительного смещения, ответственного за стабильность процесса трения и формирование силы внешнего трения, за упругодиссипативные свойства трибосопряжений, обеспечивающих появление фрикционных автоколебаний, в частности, в авиации (флаттер, шимми), в станкостроении (равномерность медленных движений и точность установочных перемещений) [3].

Если упругое последействие является следствием релаксации остаточных напряжений, то магнитное последействие при высоких частотах (электронное последействие) является следствием спин-спиновой релаксации.

В твердых телах к спиновой релаксации могут приводить, в частности, колебания решетки.

“…Спинтроника (spintronics) — это область науки и техники, занимающаяся созданием, исследованием и применением электронных приборов, в которых спин электрона наравне с его зарядом используется для получения, обработки и передачи информации…” [4].

Постановка задачи:

Имея в виду то, что модуль Юнга E, модуль сдвига G, коэффициент Пуассона ν, характеризующие упругие свойства материалов, зависят от упругого последействия и температуры, а теплофизические параметры α, λ — соответственно коэффициенты температуропроводности и теплопроводности влияют на величину ΔT, представляется целесообразным найти аналитические зависимости, подтверждающие влияние упругого последействия на α, λ и температуру на скользящем контурном или фактическом пятнах контакта ΔT.

Выводы

1. Определены аналитические зависимости, подтверждающие влияние упругого последействия на теплофизические параметры α, λ — соответственно коэффициенты температуропроводности и теплопроводности и температуру на скользящем контурном или фактическом пятнах контакта ΔT.

2. Уточнена формула, предложенная А. В. Чичинадзе для расчета температуры на скользящем контурном или фактическом пятнах контакта, например, на активных поверхностях муфты свободного хода.

3. **Имея в виду то, что квант действия Планка h сопровождается квантом последействия HI [5], представляется возможным сделать вывод о том, что магнетон Бора μ_B зависит от кванта последействия.**

Литература

1. Основы трибологии (трение, износ, смазка): Учебник для технических вузов. 2-е изд. перераб. и доп. / А. В. Чичинадзе, Э. Д. Браун, Н. А. Буше и др.; под общ. ред. А. В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 2001. 664 с.

2. Научное открытие. Диплом № 258. Закономерность аддитивности упругого последействия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения / Г. С. Ивасышин. М.: РАЕН, МААНОиИ. Заявка на научное открытие № А-314 от 14 мая 2003 г.

3. Ивасышин Г. С. Влияние упругого последействия на физико-механические свойства контактирующих материалов // Трение и смазка в машинах и механизмах, 2006, № 8. С. 11–17.

4. Борисенко В. Е. Спинтроника: учебное пособие / В. Е. Борисенко, А. Л. Данилюк, Д. Б. Мигас. М.: Лаборатория знаний, 2017. 229 с.

5. Ивасышин Г.С. Исследование трения износа по наношкале методом профилированной координатной сетки. Квант действия Планка h и квант последействия HI // Межотраслевой альманах “Деловая слава России” 2014. № 2 (45). С. 38–40.

ОРГАНИЗАЦИЯ СЛОЖНЫХ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОЭВОЛЮЦИОННОГО ПОДХОДА

Д.С. Андреюк

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, denis.s.andreyuk@yandex.ru

Нейроэволюционный подход предлагает инструменты для анализа и инженерного управления процессом кооперативного взаимодействия групп людей. Группа, действующая сообща, выступает своего рода вычислительным контуром, принимающем решения по тем же принципам, что и математические нейросети. Такой ракурс анализа групп имеет смысл с эволюционной точки зрения, поскольку разные виды высокоразвитых животных используют схожую с человеком тактику взаимодействия в группах/стаях и имеют схожие нейрофизиологические механизмы для установления и поддержания социальных коммуникаций.

Рассмотрение коллективных действий как процесса обработки информации и принятия коллективных решений позволяет ввести универсальный количественный критерий – аналог вычислительной мощности у компьютерных нейросетей. Его величина зависит от количества элементов, а также от количества и параметров связей между элементами. Параметры связей предполагают как структурные компоненты – архитектуру группы, по каким правилам информация в целом распространяется и «взвешивается» в данной группе, так и компоненты, относящиеся непосредственно к акту передачи информации – насколько легко, как быстро и как часто информация может проходить через данную единичную связь между двумя людьми - членами группы.

Прикладные инженерные решения на основании такого подхода предлагается оптимизировать по критерию вычислительной мощности социальной нейросети, и разрабатывать в двух направлениях: 1) увеличение числа элементов = участников научного проекта, и 2). оптимизация связей между элементами-участниками.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛНОГЕНОМНЫХ СКОРОВ ОЦЕНКИ МУЛЬТИФАКТОРНЫХ ПРИЗНАКОВ

А.У. Елмуратов

ИБМХ, Москва, artem.elmuratov@ya.ru

Социально-значимые заболевания, такие как злокачественные новообразования, сахарный диабет, психические расстройства и расстройства поведения, болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением и другие заболевания, которые вносят значительный вклад в смертность в России и мире, зависят от генотипа и факторов внешней среды. При этом, как правило на развитие подобных мультифакторных заболеваний влияет комбинация генетических вариантов.

При этом с увеличением выборок исследований появляется возможность делать все более точные предсказания развития фенотипа. Например, в работе Khera et al. [1] было показано, что полногеномный скор определяет в 20 раз больше людей с 3-х кратным риском развития ишемической болезни сердца, чем моногенные мутации.

При этом, помимо очевидных преимуществ развития подобных подходов возникают также этические вопросы, связанные с применением полногеномных скоров. Например:

1. 67% исследований в этой области в 2008–2017 годах проводились на европейской популяции и могут иметь ограничения при применении в других популяциях [2].
2. Некоторые скоры показывают хорошие результаты по оценке связи генотипа и фенотипов, не связанных с заболеваниями, например, уровнем образования [3]. Открытым остается вопрос, как максимально этично можно использовать данный инструмент.

Эти и другие вопросы требуют внимания и обсуждения для корректного применения полногеномных скоров.

Автор благодарит ведущую научную школу академика РАН Андрея Валерьевича Лисицы (грант Президента Российской Федерации НШ-6313.2018.4).

Литература

1. Khera, A.V., Chaffin, M., Aragam, K.G. et al. Genome-wide polygenic scores for common diseases identify individuals with risk equivalent to monogenic mutations. Nat Genet 50, 1219–1224 (2018) doi:10.1038/s41588-018-0183-z
2. Duncan, L., Shen, H., Gelaye, B. *et al.* Analysis of polygenic risk score usage and performance in diverse human populations.*Nat Commun* **10,** 3328 (2019) doi:10.1038/s41467-019-11112-0
3. Lee, J.J., Wedow, R., Okbay, A. *et al.* Gene discovery and polygenic prediction from a genome-wide association study of educational attainment in 1.1 million individuals. *Nat Genet* **50,** 1112–1121 (2018) doi:10.1038/s41588-018-0147-3

Елмуратов Артем Уристемович

Тел.: +7 (499) 246-69-80

E-mail: artem.elmuratov@ya.ru

ДЛЯ ЗАМЕТОК

X Ежегодная Юбилейная Конференция Нанотехнологического общества России

26-28 марта 2019

Генеральный партнер

Фонд инфраструктурных и образовательных программ

группа РОСНАНО