

НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЩЕСТВО РОССИИ

**Сборник тезисов пятой
ежегодной конференции
Нанотехнологического
общества России**

16 декабря 2013

г. Москва

Сборник тезисов пятой ежегодной конференции
Нанотехнологического общества России.

Научное издание

Ответственные за выпуск:

Г.В. Давыдова

Г.А. Ковалева

Составление и научная редакция:

И.П. Арсентьева

ISBN 978-5-906203-06-9

© ООО «Издательство Практика»

Содержание

Секция «НАНОБИОТЕХНОЛОГИИ»

Ю.П. Бузулуков, А.А. Анциферова, И.В. Гмошинский, В.А. Дёмин, В.Ф. Дёмин. Разработка и применение ядерно-физических методов исследования биокинетики неорганических наноматериалов	8
И.Н.Рубан, Н.Л. Воропаева, В.М. Мухин, Ю.Я.Спиридонов, В.В. Карпачев, О.Л. Фиговский. Отходы сельскохозяйственных культур как перспективный ресурс для формирования углеродных наноструктур.	11
И.Н.Рубан, Н.Л. Воропаева, В.В. Карпачев, О.Л. Фиговский. Экологически безопасные многокомпонентные (нано) чипы для сельскохозяйственного производства	13
И.В. Гмошинский. Нанотехнологии в производстве потребительской продукции: существующие тенденции и верификация прогнозных оценок.	15
Н.В. Грищенко, А.Ю. Барышников. Противоопухолевый эффект липосомальной лекарственной формы препаратов из класса нитрозомочевины.	18
С.Т.Захидов. Генетические процессы — явления наномера.	19
С.Т.Захидов. От нанотехнологии к нанонауке	22
Е.И.Маевский, С.В.Смулов. Модуляция сигнальных систем при нарушении кровотока и воспалении наноэмульсией перфторуглеродов, не зависящая от их кислородтранспортных свойств.	25
С.М. Павлюченкова, С.Т. Захидов, А.В. Самойлов, Н.М. Муджири, Т.Л. Маршак, В.М. Рудой, О.В. Дементьева, И.А. Зеленина, С.Г. Скуридин, Ю.М. Евдокимов. Необычные изменения структурной организации ядерного материала в сперматозоидах быков под влиянием наночастиц золота	28
Л.А. Прокопова, Н.М. Мурашова, Е.В. Юртов. Наноструктурированные лецитиновые гели на основе фосфолипидных концентратов	30
В.А. Черешнев, В.В. Азиатцева, Д.С. Гребенников, А.А. Кислицын, Р.С. Савинков, Г.А. Бочаров. Интегрированный подход к математическому моделированию ВИЧ инфекции	33

Секция «НАНОКОМПОЗИТНЫЕ ПОЛИМЕРЫ И ТЕКСТИЛЬ»

- И.А. Баженов, Н.С. Минеева, С.В. Красников. Новые нанополимерные системы на основе полифункциональных олигобутадиенов 36
- В.Н. Гульбин, Н.С. Колпаков, В.В. Поливкин. Нанодисперсионные наполнители — основные компоненты радиозащитных материалов, защищающих человека от вредного влияния электромагнитного загрязнения 38
- Г.Е. Кричевский. NBIC — технологии в производстве текстиля и одежды. Ожидания, успехи, проблемы 40
- С. Маракунин, А.А. Серцова, Е.В. Юртов. Влияние наноразмерного бората цинка на огнестойкость композиций на основе полипропилена и поливинилового спирта 42
- Е.Н. Субчева, А.А. Серцова, Е.В. Юртов. Слоистые двойные гидроксиды. Синтез, исследование и применение в качестве замедлителя горения полипропилена 45

Секция «НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ»

- Л.Е. Агуреев, В.И. Костиков, Ж.В. Еремеева, Е.А. Левашов, Р.Н. Ризаханов. Аллюмокомпозиты, упрочнённые малыми добавками наночастиц ZrO_2 и Al_2O_3 , полученных плазмохимическим методом. 48
- И. П. Арсентьева, М. М. Ристич, Е.А. Сухарева, С.И. Теплякова, А.А. Шонбин. Закономерности спекания нанопорошков металлов. 50
- Н. И. Борисенко, А. Е. Савелло, Е. А. Чичиро. Методы биотехнологии при формировании структуры твердых сплавов 52
- Н. И. Борисенко, А. Е. Савелло, Г.Р. Петросян. Теплопроводность в композитах с применением наночастиц 57
- Н. И. Борисенко, П.А. Лисин, Е.А. Чичиро. Стойкость резцов из твердых сплавов с добавкой наночастиц карбида вольфрама. 60
- Н. И. Борисенко, А. Е. Савелло, Е.А. Чичиро. Оценка изменения зерна твердого сплава по состоянию поверхностной энергии наночастиц 63
- В.Е. Громов, А.Б. Юрьев, Ю.Ф. Иванов, К.В. Волков, К.В. Морозов, К.В. Алсараева, Е.В. Полевой, С.В. Коновалов. Формирование тонкой структуры 100М дифференцированно закаленных рельсов 66
- С.Ф. Забелин, В.А. Зеленский. Высокотемпературная деформация и пластичность аморфных металлических материалов. 68
- В.П. Кузнецов, И.П. Конакова. Нанофазное упрочнение в монокристаллических жаропрочных никелевых сплавах. 72

А.В.Рябина, В.Г. Шевченко. Адсорбированная способность порошков сплавов алюминия легированного редкоземельными металлами прошедших ГТС.....	73
---	----

Секция «НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ПОКРЫТИЯ»

С.М.Аракелян, Д.В.Абрамов, А.П.Алуджанц, А.О.Кучерик, В.Г.Прокошев. Последние достижения и вызовы нанофемтофотоники при управляемом лазерном синтезе нанокластерных структур с заданными функциональными свойствами – коррелированные состояния и аналоги.....	76
--	----

Вохидов А.С., Мисюряев А.А. Многофункциональные нанопленки эпилам: оптимизация свойств.....	79
---	----

С.В. Давыдов, А.О. Горленко. Повышение износостойкости поверхностей трения имплантированием в них наноалмазов детонационного синтеза.....	82
---	----

Г.С. Ивасьшин. Научные открытия в области микро- и нанотрибологии. Приложения квантовой механики.....	85
---	----

М.Т. Тодаева, Е.В. Юртов. Использование жидких кристаллов в качестве темплата для получения наноструктурированных никелевых покрытий. ...	88
---	----

Секция «НАНОТЕХНОЛОГИИ

В МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ И ПРИБОРОСТРОЕНИИ »

С.А. Безносюк, Е.В. Винокурова. Расчет устойчивости гетероструктуры наночипа графена с подложкой молибдена методом нелокального функционала плотности Ван-дер-Ваальса.....	91
--	----

В.А. Быков. Нанотехнологическое общество России и развитие отечественных производителей измерительных средств и технологических систем.....	94
---	----

А.Г. Грабарь, М.А. Латышев. Некоторые аспекты современного состояния и проблемы обеспечения единства измерений в СЗФО применительно к областям нанотехнологий.....	97
--	----

О.В. Гудиева, В.Н. Гринюк, В.А. Созаев. Влияние толщины барьерных оксидных нанопленок Al_2O_3 на характеристики микроканальных элементов электронно-оптических преобразователей.....	100
--	-----

В.К. Егоров, Е.В. Егоров. Использование волноводов-резонаторов для рентгенофлуоресцентного анализа материалов в условиях полного внешнего отражения.....	101
--	-----

Л.В. Жукова, А.С. Корсаков, Д.В. Врублевский, А.Я. Гулько, Д.Я. Гулько. Инфракрасные световоды на основе нанодфектных кристаллов для ИК-Фурье спектроскопии.	104
Л.В. Жукова, А.С. Корсаков, А.Д. Бревнова, А.С. Исаев, В.В. Жуков. Исследование пространственного распределения мод, вытекающих из нанокристаллических ИК-световодов.	107
Л.П. Ичкиитидзе, А.Н. Миронюк. Повышение эффективности планарного сверхпроводящего трансформатора магнитного потока.	110
А.С. Корсаков, А.С. Шмыгалев, Л.В. Жукова, А.Я. Гулько, А.Л. Сутчук, А.Э.Хасанов. Спектральное пропускание нанокристаллических ИК-световодов.	112
В.С.Кортов, С.В.Звонарев, С.В.Никифоров. Нанолюминофоры и перспективы их применения при детектировании ионизирующей радиации.	115
В.С. Макин, Р.С. Макин. Взаимодействие осесимметрично поляризованного лазерного излучения с конденсированной средой.	118
А.А.Павлов, В.Э. Бородай, С.В. Иванушкин, Н.Н. Медов, А.Н. Царьков. Метод и технология создания внутрикристалльной встроенной системы контроля сбоеустойчивых интегральных микросхем элементов и устройств вычислительной техники.	120
Л.С. Раткин. Создание информационных систем по применению наноматериалов для космических, воздушных, водных, наземных, подводных и подземных беспилотных робототехнических комплексов.	123
Л.С. Раткин. Стенографические технологии защиты информации на квантовых компьютерах.	125
А.В.Федотовских. Проблемы развития и применения нанотехнологий как базиса робототерапии.	126
Секция «НАНОТЕХНОЛОГИИ В ТЭК »	
А.Я.Хавкин. Нанотехнологические перспективы нефтегазовой отрасли. ...	129
К.П.Арефьев, В.И.Графутин, Е.П.Прокопьев, А.М.Лидер, Р.С.Лаптев, Ю.С.Бордулев. Применение позитронной спектроскопии для исследования порового пространства нефтегазоносных пород.	132
Л.С. Раткин. Стегорепозитории для решения задач моделирования процессов на объектах топливно-энергетического комплекса.	136

В.И. Рождествина, О.А. Фефелова, А.П. Сорокин, В.М. Кузминых. Геотехнология рационального использования бурых углей	137
---	-----

Секция «НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

Р.А. Гицельтер. Buildings Materials Structures Based on Advanced Polymep Nanostructured Matrix.	140
---	-----

Р.П. Заднепровский, Ю.Г.Лапынин. Изменение свойств водных систем под влиянием электромагнитных полей и прочности твердеющих смесей. . . .	141
---	-----

Т.А. Низина, А.Н. Пономарев, С.Н. Кочетков, А.А. Козеев. Влияния наномодифицированных поликарбоксилатных пластификаторов на прочностные и реологические характеристики цементных композитов. . .	145
--	-----

Секция «ТЕХНОЛОГИИ И ЯВЛЕНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ»

П.А. Калмыков, А.А. Арбузов, Н.А. Магдалинова, М.В. Клюев. Катали- тические свойства графенсодержащего палладиевого катализатора.	149
---	-----

А.В. Кузьмин, Е.В. Юртов. Электролитические свойства ионных лио- тропных жидких кристаллов додецилбензолсульфатона калия	152
--	-----

С.В. Михайлин, В.И. Пятинов. Магнитная анизотропия однодомен- ных частиц.	154
---	-----

Т.Ю. Наговицына, Д.А. Быданов, М.Ю. Королева. Прямые наноэмуль- сии, стабилизированные TWEEN 80, TWEEN 60, SPAN 80, SPAN 60	155
---	-----

А.Я.Нейман, Н.Н.Пестерева, Н.Ф.Уваров, Е.А.Котёнева, Д.В. Корона. Генезис необычных транспортных свойств эвтектических оксидных интерфейсов.	158
--	-----

А.А. Осипов, П.Н. Мартынов, Р.Ш. Асхадуллин. Аэрогель AlOON и перспективы его использования в различных областях науки и техники . .	160
--	-----

И.И. Титова, А.О.Титов, О.П.Титов. Способ визуализации перемеще- ния частиц.	162
--	-----

Б.П.Шипунов, Ю.М.Щацевая. Изменение колебательных характери- стик кластеров аквакомплексов хлорида кобальта в результате дей- ствия на раствор ВЧ поля.	166
---	-----

Нанобиотехнологии

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ БИОКИНЕТИКИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Ю.П. Бузулуков¹, А.А. Анциферова¹, И.В. Гмошинский²,
В.А. Дёмин¹, В.Ф. Дёмин¹

¹Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт». 123182, пл. Академика Курчатова, Москва, Россия; buzulukov@inbox.ru

² Институт питания РАМН. 109240, Устьинский проезд 2/14, Москва, Россия; gmosh@ion.ru

Развитие нанотехнологий и быстрое увеличение объема продукции с содержанием наночастиц (НЧ) порождает проблему обеспечения их безопасности для человека и окружающей среды. Одним из ключевых вопросов при решении данной проблемы является изучение биокинетики (абсорбции, биораспределения, метаболизма и экскреции) нанопродуктов в организме животных и человека. Основой этих исследований является количественное измерение массового содержания НЧ в биологических образцах.

Разработка ядерно-физических методов (ЯФМ) измерения

количественного содержания НЧ в различных средах началась осуществляться в НИЦ «Курчатовский институт» с 2008 г. Основой этих методов является создание радиоактивной метки в исследуемых НЧ путем их облучения в потоке тепловых нейтронов исследовательского ядерного реактора и последующего гамма-спектрометрического анализа образцов, содержащих эти метки. Кратко описаны варианты практического применения

Метод радиоактивных индикаторов (метод меченых атомов) на базе нейтронной активации разработан уже много десятилетий назад в целях проведения биохимического и физико-химического анализа. Инновационные элементы и особенности развиваемых вариантов этого метода:

- область применения (наночастицы/наноматериалы со своими специфическими химическими элементами и изотопами, поддержка исследований по их органотропности и токсикокинетике);

- разработка стандартизованных методик измерения, обеспечивающих надежность и высокую точность измерения; возможность определения массового содержания биофильных элементов в биологических тканях и органах, в отличие от многих других методов;

- возможность измерения массовой концентрации непосредственно в твердотельных пробах, в то время как для многих других методов требуется предварительное переведение исследуемой пробы в жидкое или газообразное состояние ;

- определение массового содержания наноматериала может быть произведено как в микро-, так и в макрообразцах размером до нескольких сантиметров по всем трем измерениям.

ЯФМ, основанный на нейтронной активации химических элементов, применим к элементам, для которых имеются природные изотопы и их активированные радиоизотопы с соответствующими ядерно-физическими характеристиками. К

таким элементам, входящих в состав наноматериалов, которые нашли применение в разных областях деятельности человека, относятся Fe, Ag, Zn, Au, Se и Ce.

Одно из первых мест в списке приоритетных наноматериалов занимает Ti, использующийся, как правило, в виде двуокиси титана TiO_2 . У этого элемента отсутствуют нейтронно-активированные на тепловых нейтронах изотопы с необходимыми свойствами. В силу особой актуальности разработки метода детектирования наноматериалов с этим элементом начаты исследования метода активации титана потоком быстрых протонов.

Применение протонной активации в дополнение к используемому методу нейтронной активации может позволить расширить список наноматериалов, для которых можно применять методы радиоактивных индикаторов.

Для НЧ, содержащих серебро или цинк, разработка ЯФМ доведена до стадии стандартной методики, аттестованной Госстандартом.

ЯФМ был использован для количественных измерений параметров усвоения в желудочно-кишечном тракте и распределения в органах и тканях НЧ Ag, Au, Se, ZnO в опытах на крысах линии Вистар, в том числе преодоления гемато-энцефалического барьера. Эти работы выполнялись совместно с НИИ питания РАМН. Впервые измерены количественные характеристики проникновения серебряных НЧ через плацентарный барьер у крыс при пероральном введении, а также переноса НЧ серебра с молоком лактирующих крыс. Наиболее значимые результаты представлены в докладе.

ОТХОДЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ РЕСУРС ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР

И.Н.Рубан¹, Н.А. Воропаева¹, В.М. Мухин²,
Ю.Я.Спиридонов³, В.В. Карпачев¹, О.А. Фиговский⁴

¹ ГНУ ВНИИ *ранса Россельхозакадемии. Липецк, Россия*

² ОАО «ЭНПО «Неорганика». Московская обл., Электросталь, Россия

³ ГНУ ВНИИ фитопатологии Россельхозакадемии. Московская обл., Голицыно, Россия

⁴ Nanotech Industries, Inc. Daly City, Ca, USA

Роль активных углей (АУ) как объектов с (нано)структурной организацией в промышленности, сельском хозяйстве и других сферах человеческой деятельности огромна. Они представляют собой универсальный класс адсорбентов, позволяющих за счёт высокоразвитых пористых структур поглощать самые разнообразные вещества, в том числе токсические, из различных сред.

Проводимые нами исследования направлены на разработку технологии получения активных углей из отходов сельскохозяйственных культур как перспективного ресурса для формирования углеродных наноструктур, т.к. проблема их переработки как ежегодно возобновляемого сырья для получения различной ценной продукции в настоящее время приобретает все большую актуальность.

¹ Воропаева Надежда Леонидовна, проф.
E-mail: bionanotex_l@mail.ru; margarita_48_83@mail.ru

Полученные (нано)сорбенты из соломы рапса, рыжика, су-репицы, горчицы, сои, ячменя, пшеницы, овса, ржи и других культур (выход продукта составляет от 2,6% до 16,0%) имеют суммарный объем пор от 2,28 см³/г до 4,14 см³/г, предельный объем сорбционного пространства от 0,28 до 0,73 см³/г, размер микропор 0,6÷1,0 нм, обладают адсорбционной способностью по йоду от 29% до 62%, по метиленовому голубому — от 29 мг/г до 87 мг/г, что позволяет их рекомендовать для проведения, например, детоксикации почв от остаточных количеств пестицидов, комбикормов — от опасных ксенобиотиков, а также для применения в качестве носителей (наполнителей) разнообразных средств защиты растений и физиологически активных веществ при их нанесении на поверхность посевного материала (по нанотехнологии предпосевной обработки семян), и при решении других вопросов агропромышленного комплекса.

В частности, при изучении влияния (нано)сорбентов, полученных на основе активных углей из соломы рапса, ячменя и пшеницы, на рост и развитие растений подсолнечника выявлено резкое снижение фитотоксичности метсульфурон-метила (Зингер, С.П.) с 73,2% до 4,9% (тогда как этот показатель при использовании АУ марки Grosafe составил 12,2%, а АУ из антрацита — 51,2%). Приведенные данные свидетельствуют о том, что полученные нами (нано)сорбенты могут быть востребованы при детоксикации почв от остаточных количеств гербицидов и других химических средств защиты растений с учетом токсикологических и агроклиматических особенностей региона.

Таким образом, в результате проведения углеадсорбционной детоксикации почв можно в перспективе получать экологически чистую продукцию, потребность в которой по всему миру огромна из-за имеющегося повсеместно химического прессинга на плодородные земли.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ (НАНО) ЧИПЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

И.Н.Рубан¹, Н.А. Воропаева¹, В.В. Карпачев¹, О.А. Фиговский¹

¹ ГНУ ВНИИ *ранса Россельхозакадемии. Липецк, Россия*

² *Nanotech Industries, Inc. Daly City, Ca, USA*

Данная работа сориентирована на разработку экологически безопасной (нано)технологии обработки семян различных сельскохозяйственных культур перед посевом с применением многокомпонентных полифункциональных физиологически активных (нано)чипов различного состава на основе биопестицидов (производных олиго-, поли-, (амино)сахаридов), состоящих из модифицированных природных компонентов с высокой сорбционной емкостью как носителей различных биологически активных и фитосанитарных веществ, с использованием нанотехнологических подходов при их создании (семя рассматривается как объект с (нано)структурной организацией и (нано)свойствами) в рамках концепции нанофитосанитарии. Нанофитосанитария, как известно, представляет собой научное направление в защите растений, связанное с решением теоретических и практических вопросов фитосанитарии на наноразмерном уровне, развивающееся на основе общих теоретических, методологических и методических принципов исследований, методов создания и использования новых наноматериалов, технических средств и нанотехнологий.

¹Воропаева Надежда Леонидовна, проф.

E-mail: bionanotex_k@mail.ru; margarita_48_83@mail.ru

Исследования выполнены с использованием сканирующего электронного микроскопа Hitachi SU 1510, ИК-спектрометра Nicolet 6700, лазерного анализатора Microtrac S3500 и другого современного оборудования. Нарботка (нано)чипов, предпосевная обработка семян и оценка их эффективности проведены согласно патента США 12459518 (I. Ruban, N. Voropaeva, O.Figovsky et.al. Biologically active multifunctional nanochips and method application thereof for production of high-quality seed). Закладка лабораторных и полевых опытов, наблюдения, учеты, анализы выполнены по общепринятым для НИР методикам и ГОСТам.

При изучении морфологических особенностей (нано)систем для получения (нано)чипов различного состава выявлены их структурно-адсорбционные изменения при нанесении на поверхность модифицированных пористых минералов. Установлено изменение морфологии поверхности, пористости, удельной поверхности и размеров частиц. Исследованиями с использованием сканирующей электронной микроскопии показано, что для всех изученных образцов характерна неоднородная структура поверхности с различной степенью гетерогенности в виде отдельных (нано)частиц. Сделаны выводы о влиянии концентрации растворов компонентов и способов получения на характер сформированных образцов. Установлено, что уменьшение концентрации компонентов в процессе получения (нано)систем приводит к уменьшению степени гетерогенности структуры.

Наноструктурированные полифункциональные системы, сформированные на (нано)сорбенте на основе пористого минерала с помощью производных полисахаридов - физиологически активного вещества аминок(олиго)полисахарида - хитозана и производных целлюлозы с включением в некоторые из них производственных фунгицидов и инсектицидов со сниженными и резко сниженными нормами расхода, способствуют

увеличению урожайности различных сельскохозяйственных культур от 2,9% до 20,9% при обработке ими семян (пшеницы, ячменя, сои, риса, маша, кукурузы, рапса и др.) перед посевом.

Таким образом, выявленные изменения в показателях роста и развития растений, а также урожайности, накопления биомассы и качества получаемой продукции находятся в зависимости от состава экологически безопасных (нано)систем, применяемых для обработки семян перед посевом, что положено в основу разработки экологически безопасной (нано) технологии предпосевной обработки семян различных культур с использованием (нано)чипов на основе биопестицидов с защитно-стимулирующими свойствами.

НАНОТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ ПРОДУКЦИИ: СУЩЕСТВУЮЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ И ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОГНОЗНЫХ ОЦЕНОК

И.В. Гмошинский¹

ФГБУ «НИИ питания» РАМН. Москва, Россия

Экспоненциальный рост объёмов научной и патентной информации по вопросам применения нанотехнологий (НТ) в производстве потребительской продукции, в частности пищевой и парфюмерно-косметической, на протяжении предыдущего десятилетия дал основание для предположений о массовом внедрении достижений НТ в повседневную жизнь и быт человека после 2010 года. В 2009 году в рамках выполнения заданий Государственного контракта с Министерством образования и науки России был составлен среднесрочный

¹Гмошинский Иван Всеволодович, доктор биологических наук
E-mail: gmosh@ion.ru

прогноз развития НТ пищевого и сельскохозяйственного назначения. Полученная прогнозная оценка по разделу «пищевая продукция и упаковочные материалы» составила на 2011 год 36 наименований продукции, представленной на российском рынке, на 2012 год — 61 наименование, на 2013 год — 121 наименование и на 2015 год — более 700 наименований. В качестве основных областей использования наночастиц (НЧ) и наноматериалов (НМ) при производстве пищевых продуктов рассматривались: а) новые формы пищевых веществ (в нанодиспергированном и нанокапсулированном виде), б) пищевые добавки, содержащие НЧ, позволяющие изменять функциональные свойства продукта в ходе обработки, в) упаковочные НМ с антимикробными, газо- и фотобарьерными свойствами, г) нанодатчики, включаемые в состав так называемой «умной упаковки», способной сигнализировать потребителю об изменении свойств продукта при хранении. В целях верификации этих прогнозных оценок и уточнения действующих тенденций был проведён анализ текущего состояния вопроса об ассортименте потребительской продукции НТ в России в настоящее время.

В соответствии с действующими Техническими регламентами Таможенного Союза ЕврАзЭС потребительская продукция НТ подлежит оценке соответствия. Так, согласно ст. 4 ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» пищевая продукция, содержащая НМ и продукты НТ, рассматривается как «пищевая продукция нового вида», подлежащая государственной регистрации (ст.27-29). В соответствии со ст.6 и приложением 12 ТР ТС 009/2011 «О безопасности парфюмерно-косметической продукции» парфюмерно-косметическая продукция, произведённая с использованием НМ, также подлежит государственной регистрации. Реестр свидетельств о государственной регистрации (в рамках Таможенного Союза ЕврАзЭС) размещается на сайте на <http://fp.crc.ru>.

Как показал анализ сведений, содержащихся на указанном

ресурсе, а также дополнительной информации, представленной в Интернете (в частности, на сайте Национальной Нанотехнологической сети), по состоянию на ноябрь 2013 года в России представлено в общей сложности около 570 наименований потребительской продукции НТ, из которых большинство — 401 наименование, являются различными видами косметической продукции. Среди них 51 наименование продукции, содержащей наночастицы (НЧ) серебра, 30 — НЧ золота, 4 — НЧ диоксида титана, 16 — платины, 6 — наноразмерных алмазов. 27 наименований представлены продукцией, содержащей наносомы на основе липидов, ПАВ, β -циклодекстрина и гиалуроновых кислот. Использование НЧ гидроксиапатита практикуется в составе зубных паст. Единичные производители сообщают об использовании в составе косметики нанотрубок и углеродных НЧ. Более чем в 250 наименованиях косметической продукции использование НМ декларируется, однако их состав не раскрыт. Продукция НТ пищевого назначения (включая пищевые добавки и упаковочные материалы) представлена в общей сложности 60 наименованиями, из которых более половины (36) представлены биологически - активными добавками к пище (БАД) и сырьём для их производства, в числе которых преобладают источники микроэлементного серебра в коллоидной (нано) форме. Среди других видов потребительской продукции НТ, представленной в России, следует указать на средства автокосметики (23 наименования), бытовой химии (27), добавки к топливам и маслам (26). Таким образом, наиболее успешно НТ внедряются в настоящее время в производстве косметических изделий; что же касается пищевой продукции НТ, то темпы её выхода к потребителю значительно отстают от сделанных 4 года назад прогнозных оценок. Это указывает на появление в последнее время дополнительных факторов, сдерживающих внедрение НТ в пищевых производствах. Анализ этих факторов будет представлен в докладе.

ПРОТИВООПУХОЛЕВЫЙ ЭФФЕКТ ЛИПОСОМАЛЬНОЙ ЛЕКАРСТВЕННОЙ ФОРМЫ ПРЕПАРАТОВ ИЗ КЛАССА НИТРОЗОМОЧЕВИНЫ

Н.В. Грищенко¹, А.Ю. Барышников

ФГБУ «Российский онкологический научный центр им. Н.Н. Блохина» РАМН. Москва, Россия

Цель исследования — изучить противоопухолевую активность липосомальной лекарственной формы препаратов из класса нитрозомочевина: аранозы и ормустина *in vitro*.

Араноза — отечественный противоопухолевый препарат, созданный в Российском онкологическом научном центре им. Н.Н. Блохина, выпускается в виде лиофилизата для приготовления раствора для инъекций. Разработана также липосомальная лекарственная форма этого препарата.

Ормустин — новое соединение из класса нитрозомочевина, синтезировано в институте органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН. В настоящее время в РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН проводится исследование новой лекарственной формы ормустина в виде липосом.

Противоопухолевую активность обоих препаратов изучали с помощью МТТ-теста на клеточной линии диссеминированной меланомы человека. Активность липосомальной лекарственной формы аранозы изучали в сравнении с лиофилизатом для инъекций, а ормустина — в сравнении с субстанцией.

Клетки меланомы раскапывали в 96-луночные плоскодонные планшеты. В каждую лунку добавляли по 20 мкл исследуемых препаратов в разных дозах и инкубировали с клетками в течение 24 ч, 48 ч и 72 ч в 5%CO₂-инкубаторе при 37 °С. Затем

¹ Грищенко Наталья Викторовна E-mail: natali-2712@mail.ru

добавляли раствор МТТ, инкубировали 4 ч, после образования формазана надосадочную жидкость удаляли, осадок растворяли диметисульфоксидом, после чего интенсивность окрашивания среды измеряли на фотометрическом анализаторе иммуноферментных реакций «АИФР-01 Униплан» (ЗАО «Пикон») при $\lambda=530$ нм. Величина поглощения прямо пропорциональна числу живых клеток. Результат оценивали по значению ИК50 – концентрации препарата, при которой происходит гибель 50% клеток.

При инкубации клеток с исследованными дозами лекарственных форм аранозы ИК50 была получена только для липосомальной формы при 72 ч инкубации и была равна 0,225 мг/мл. При сравнении ормустина субстанции и липосомальной лекарственной формы был выявлен более выраженный противоопухолевый эффект при применении липосом.

Показано, что препараты из класса нитрозомочевин в липосомальной лекарственной форме обладают более выраженным противоопухолевым действием.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ — ЯВЛЕНИЯ НАНОМИРА

С.Т.Захидов¹

*Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова,
Москва, Россия*

К генетическим нанопроцессам с большой очевидностью можно отнести аутокатализ (репликация ДНК) и мутагенез.

Аутокатализ — процесс тотального обновления генетического материала, происходящий в каждом клеточном по-

¹ Захидов Сабир Тиишаевич, профессор stz49@mail.ru

колении и протекающий на границе генетики и химии. Аутокаталитическая матрица, на которой осуществляется генное дублирование, представляет собой квантовую статистическую систему. Её скелет состоит из огромного числа дискретных мономерных единиц — генетических нуклеотидов, триплетов и аминокислот, имеющих характеристические нанометровые размеры: соответственно, 0,3, 1,0 и 0,99 нм. Во время аутокатализа на поверхности генной матрицы, т.е. напротив каждой комплементарной цепи молекулы ДНК открывается виртуальная непрерывная линия незаполненных вакансий. Множество хаотично плавающих в протоплазматической среде индивидуальных химических нуклеотидов, попадая в поле действия стройных матричных мономеров, становятся на путь самоорганизации, кооперируются и начинают подъем к генетическому уровню. При этом в поле притяжения одного аттрактора идут нуклеотиды аденин и тимин, в поле другого — цитозин и гуанин. По завершению процесса аутокатализа возникает новая генная цепочка — новая матрица репродукции, новое поколение генов. Или, говоря на языке молекулярной генетики, рождается дочерняя комплементарная цепь ДНК. Благодаря аутокатализу генетическая материя обладает способностью не стареть, продолжительно существовать в высокоупорядоченном состоянии, обладает индивидуальностью (неповторимостью) и преемственностью (генотипов). Аутокатализ — классический пример самоорганизации органической материи, коллективного синергетического процесса возникновения порядка из хаоса.

Мутагенез — процесс образования наследственных перемен или мутаций, представляющих собой квантовые, дискретные переходы гена из одного состояния в другое. В основе этих переходов лежат самые разнообразные изменения в сложной линейной структуре гена. Это — замены нуклеотидов, их добавления или потери, групповые перестановки. «Длина» му-

тации может варьировать от 1 до нескольких десятков нанометров. При более массивных нарушениях эта длина может увеличиваться в несколько раз. Во время мутагенной реакции, как правило, один из атомов в нуклеотиде замещается на алкильную группу (но возможны и другие типы замещений) из состава молекулярного мутагена. В результате возникает смешанное состояние. Это состояние, однако, недолговечно, поскольку зарождается конфликт между испорченным, фальсифицированным нуклеотидом и соседними генетическими нуклеотидами с последующим разрывом между ними валентных связей. В результате замещенный нуклеотид подвергается хеомстракизму. Молекулы, вызывающие мутации, никогда не становятся частью генов, с которыми они взаимодействуют. Генетическое строение строго охраняет себя от химических загрязнителей, старается сохранить чистоту своего состояния. После удаления фальсифицированного комплекса открывается вакансия, которая может быть быстро заполнена любым другим свободным нуклеотидом. Если освободившееся место займет тождественный нуклеотид, то тогда мы будем иметь дело с так называемой «немой» мутацией. Если же это место займет нуклеотид другой разновидности, то такая перемена приведет к точечной генной мутации. В ряде случаев генная структура способна сохранять в течение довольно-таки длительного времени единичные свободные вакансии после потери отдельных нуклеотидов. Однако возникшие дырки не всегда критичны, иногда они даже могут давать энтропийный выигрыш.

В результате мутационных квантовых скачков происходит перераспределение нуклеотидов и триплетов по разным состояниям, что влечет за собой изменение внутренней энергии гена.

Нередко достаточно измениться одному — двум нуклеотидам и работа сложной генной системы может «остановиться». И тогда потребуется большое искусство, например, со стороны

генных инженеров, чтобы найти в «атоме» наследственности точку поломки и ликвидировать поломку. Нанотехнология обещает создать целый класс так называемых молекулярных ассемблеров (наноботов), которые будут обладать искусством реставрации генома.

ОТ НАНОТЕХНОЛОГИИ К НАНОНАУКЕ

С.Т.Захидов¹

*Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова.
Москва, Россия*

В середине XIX века, когда Европа занималась созданием паровых машин, её яркие представители — С.Карно, Р.Клаузиус, Д.Джоуль и В.Томсон разрабатывали подходы к пониманию того, как работает паровой двигатель и почему так низок его кпд. В результате решения этой чисто прикладной, сугубо технической задачи родилась величественная, очень сложная фундаментальная наука — термодинамика. Позже Макс Планк скажет: «Простые законы термодинамики — истинны, фундаментальны, абсолютны и точно описывают все простое, незыблемое, вечное в природе». Законы термодинамики, ее рабочий аппарат прочно вошли во многие сферы научных знаний.

Обилие средств и денег, выделяемых сегодня на развитие нанотехнологий, задают импульс для зарождения и бурного распространения еще одной, более глубокой области знаний — нанонауки. А, как известно, науки ведут к установлению законов

¹ Захидов Сабир Тишаевич, профессор stz49@mail.ru

природы, совершают концептуальные прорывы в истории человечества. Нанонаука не станет исключением. Ей, вероятно, суждено определить весь ход мирового развития в XXI веке, установить новые законы, найти другие виды эксперимента и методы исследований.

Сегодня все науки испытывают на себе влияние нанотехнологий. Но в системе современного естествознания, вероятно, ближе всех к нанотехнологиям стоят квантовая механика и генетика, имеющие между собой прочные теоретические отношения. Обе изучают сложные множества, в которых господствует классическая иерархия дискретных частей вещества. Квантовые физики, чтобы получить новые материальные физические субстанции, сталкивают друг с другом ускоренные элементарные частицы или используют высокоэнергетические кванты. Точно также поступают и генетики: применяя средства из арсеналов микрофизики и химии, они стремятся не только понять, как устроен генетический мир, но и создать новые прогрессивные генетические и биологические формы.

Как считают специалисты в области нанотехнологий, молекулы ДНК и белков могут стать основами для создания гибридных, смешанных наноматериалов и нанокомпозитов с новыми уникальными свойствами. Фундаментальные результаты по созданию наноконструкций на основе молекул нуклеиновых кислот (ДНК и РНК), содержащих в своем составе молекулы «гостей» — химические вещества, биологически активные соединения — недавно получены лабораторией Ю.М.Евдокимова в Институте молекулярной биологии им. В.А.Энгельгардта РАН. Авторы считают, что такие наноконструкции имеют большую перспективу для практического применения в различных областях науки и техники — от оптики и электроники до медицины и экологии.

Как известно, гены создали белки, ферменты, мембраны, рибосомные матрицы, но все последние располагают воз-

возможностями для самосовершенствования и самоорганизации. Однако не всегда эти возможности реализуются на полную мощность. Нанонаука и нанотехнологии должны будут найти ключи, чтобы по-настоящему развернуть и поднять со «дна» клетки все эти созидательные потенциалы, а, следовательно, увеличить структурное и функциональное разнообразие и сделать более продолжительным наш онтогенез.

Что касается химического направления в нанонауке, то, как заметил автор теории супрамолекулярной химии Жан-Мари Лен, проблема современной химии в том, чтобы понять природу и законы, позволяющие эффективно и целенаправленно управлять сборкой атомов в новые молекулы. Он также говорит о необходимости решения одной из важнейших задач науки, «каким образом возникает самоорганизация вещества, и как процесс самовоспроизведения привел к появлению во Вселенной новой формы вещества, способной даже размышлять о собственном происхождении?». Изучение наночастиц, которые могут стать самостоятельным отделом химической классификации, обогатит и расширит химическую теорию, находящуюся сегодня на своем пределе. Весьма вероятно, что именно химии в рамках наук о материалах предстоит ответить на вопрос о том, что является действующим началом в упорядочении наночастиц — энергия или динамика, а также принести больше информации о свойствах наноматериалов в целом, чем, допустим, квантовой механике.

Итак, с нанонаукой, которая будет опираться на мосты междисциплинарности, и, в первую очередь, на квантовую механику, химию и генетику, имеющим между собой глубокую генетическую связь, следует ожидать больших успехов в аналитических исследованиях, а также в решении практических задач нанотехнологий, требующих, как и другие технологии, практически быстрого и полезного эффекта.

МОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ НАРУШЕНИИ КРОВОТОКА И ВОСПАЛЕНИИ НАНОЭМУЛЬСИЕЙ ПЕРФТОРУГЛЕРОДОВ, НЕ ЗАВИСЯЩАЯ ОТ ИХ КИСЛОРОДТРАНСПОРТНЫХ СВОЙСТВ

Е.И.Маевский¹, С.В.Смуров²

¹ ФГБУ Институт теоретической и экспериментальной био-
физики Российской академии наук. Пущино, Россия

² Межрегиональное общественное учреждение Институт инже-
нерной физики. Серпухов, Россия

Высокая способность химически инертных перфторорганических соединений (ПФОС) растворять и переносить газы инициировала использования их в составе субмикронных эмульсий для медицинских целей. Привлекала возможность поддержания кислородного снабжения при кровопотерях, анемиях, кардиоплегии сохранении изолированных органов и тканей, в аппаратах искусственного кровообращения при регионарной перфузии и т.п. (Г.Р. Иваницкий, 2000, R.M. Winslow, 2006). Поэтому основное внимание уделялось кислородной емкости эмульсий ПФОС при создании Fluosol-DA (Япония) и последующих поколений эмульсий ПФОС - Oxyfluor и Oxygent (США), Перфторана (СССР) и других. Однако, клиническое приме-

¹ Маевский Е.И. E-mail: eim11@mail.ru

нение получил только Перфторан, производимый в России с 1998 года. Перфторан не отличается ни большей кислородной емкостью, ни удобством применения, поскольку хранится в замороженном виде и требует бережного размораживания, и высококвалифицированного использования. В него наряду с быстро выводящимся перфтордекалином входит пертформетилцикло-гексипиперидин (ПФМЦП), с большим периодом полувыведения из организма порядка 3 месяцев. Эмульгатором и стабилизатором частиц эмульсии является полалакомер проксанол. Такие характеристики рассматривались как существенные недостатки препарата. Естественно, возник вопрос, почему Перфторан нашел клиническое применение? Большинство лечебных эффектов Перфторана показано при использовании малых доз (от 50, при внутрисосудистом введении или нескольких мл местно), когда кислородтранспортные свойства не играют роли.

Анализ показал, что главным положительным свойством Перфторана является наноразмерность частиц: их средний диаметр 70 нм. Остальные препараты с «идеальной» стабильностью, высокой кислородной емкостью и скоростью выведения, стабилизированные фосфолипидами, имеют широкое распределение и средний размер частиц от 160 до 250 нм и более. Наноразмерность частиц определяет способность эмульсии проходить через суженные и спазмированные сосуды, появление особых свойств при взаимодействии с биологическими мембранами и клетками, а также предотвращение реактогенности. Благодаря наноразмерам частиц существенно возрос контакт с кровью и эндотелием сосудов, аномально увеличилось прохождение частиц через биологические мембраны. Высокая крутизна обменной поверхности интенсифицировала диффузию газов и молекул ПФОС из наночастиц. Поскольку ПФМЦП имеет повышенное сродство к холестерину и сфинголипидам — компонентам кальвеол — участков мембран, являю-

щихся входными воротами для рецепторных и мессенджерных сигналов, происходила их модификация и изменение активности регуляторных систем. Кроме того, ПФОС в десятки раз лучше, чем вода и липиды, растворяют и переносят газы мессенджеры — NO, H₂S и CO. Наночастицы в отличие от более крупных частиц не снижают концентрацию мессенджеров в своем окружении, но ускоряют их перераспределение: поглощают при избытке и отдают по градиенту при дефиците. При этом внутри и на границе раздела фаз частиц идет микрокатализ. В частности, с участием NO образуются короткоцепочечные нитрозотиолы RSNO (А.А.Непоседов и Н.В.Беда, отчеты РФФИ 02-04-49530 и 03-04-6492; данные О. Rafikova et al. 2004). RSNO являются более долгоживущими и обладают большей вазодилатирующей активностью, чем NO. Вазодилатация легко регистрируется после введения перфторана при облитерирующих заболеваниях сосудов с помощью прецизионного тепловидения (Е.П.Хижняк, Л.Н.Хижняк, 2006). В.В.Мороз и др. (1984-2007) и Н.П.Нохрин и др. (2004-2008) обнаружили сохранение сосудорасширяющего эффекта до 3 месяцев и более. Сдвиг в концентрации NO и H₂S обуславливает снижение воспалительного потенциала и ускорение заживления ран в 2-3 раза (А.Н.Мурашев и др. 2012). Причины того, что эффекты Перфторана далеко не всегда воспроизводятся с помощью других эмульсий ПФОС предстоит изучать.

НЕОБЫЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЯДЕРНОГО МАТЕРИАЛА В СПЕРМАТОЗОИДАХ БЫКОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА

С. М. Павлюченкова¹, С. Т. Захидов¹, А. В. Самойлов²,
Н. М. Муджири¹, Т. Л. Маршак², В. М. Рудой³,
О. В. Дементьева³, И. А. Зеленина¹, С. Г. Скуридин⁴,
Ю. М. Евдокимов⁴

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

²Институт биологии развития им. Н.К. Колюцова РАН, Москва

³Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва, Россия

⁴Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН, Москва, Россия

Цель работы. состояла в изучении последствий влияния наночастиц золота размером ~ 3 нм (концентрация 1×10^{15} мл⁻¹) на ДНП-комплекс зрелых спермиев быков.

Материал и методы. В работе использованы свежемороженные эякуляты быков-производителей. Оценку генотоксического эффекта нанокорпускулярного золота проводили с помощью стандартного метода деконденсации ядерного хроматина *in vitro*, который широко используется в репродуктивной биологии для оценки оплодотворяющей способности мужских гамет и установления причин мужской стерильности, причем очень часто тогда, когда другие рутинные методы этого сделать не могут. Опытные образцы семени разбавляли

¹Павлюченкова Светлана Михайловна, аспирант,
smilesweta@yandex.ru

в 0.5 мл гидрозоля золота и инкубировали в течение 20 мин. Контролем служили образцы семени, разбавленные и инкубировавшиеся (также в течение 20 мин) в 0.5 мл физиологического раствора. Через 20 мин контрольные и опытные образцы сперматозоидов центрифугировали и после удаления надосадочной жидкости в осадки добавляли 1 мл 1%-ного раствора анионного поверхностно-активного вещества — додецилсульфата натрия, разрушающего биологические мембраны. Через 30 мин добавляли 0.3 мл 0.01 М раствора деконденсирующего агента дитиотреитола (рН 8.0), и продолжали инкубацию в течение 24 ч. По завершении инкубации готовили препараты-мазки. Препараты фиксировали в 96%-ном этиловом спирте в течение 10 мин и окрашивали 0.1%-ным раствором толuidинового синего. Мазки окрашенных сперматозоидов анализировали с помощью микроскопа Opton (Германия) при общем увеличении $\times 1000$, просматривая в среднем 100 случайно выбранных полей зрения.

Результаты. По степени разбухания и характеру деконденсации ядра эйякулированных сперматозоидов в контрольных и опытных образцах семени быков были условно разделены на три основных типа: недеконденсированные, частично деконденсированные и полностью деконденсированные. В опытных образцах недеконденсированные, частично и полностью деконденсированные ядра соотносились как 40 : 32 : 28%, тогда как в контроле — 0 : 36 : 64%. Другими словами в опытном материале число гамет с полностью деконденсированным ядерным хроматином уменьшалось более чем в два раза по сравнению с контролем. Важно добавить, что в популяции бычьих сперматозоидов, обработанных наночастицами Au, сравнительно с большой частотой встречались также клетки с развалившимися или почти развалившимися ядрами.

Заключение. Результаты, полученные в настоящей работе, подтверждают чрезвычайно высокую активность ультрама-

лых наночастиц золота в отношении зрелых мужских половых клеток. При выбранных условиях эксперимента эти частицы нарушали процесс декомпактизации гаметического хроматина, который играет важную роль в процессах нормального течения оплодотворения и последующего эмбрионального развития.

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ЛЕЦИТИНОВЫЕ ГЕЛИ НА ОСНОВЕ ФОСФОЛИПИДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

Л.А. Прокопова¹, Н.М. Мурашова, Е.В. Юртов

*Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева. Москва, Россия. nanomaterial@mail.ru*

В неполярных органических растворителях фосфолипид лецитин в присутствии десятых долей процента воды образует органогели, структура которых построена из цилиндрических обратных мицелл — агрегатов диаметром в единицы и длиной в десятки и сотни нанометров (лецитиновые органогели). Лецитиновые органогели существуют в целом ряде органических растворителей — насыщенных и ненасыщенных алифатических углеводородах, аминах, производных бензола, простых эфирах, сложных эфирах жирных кислот и т.д. Лецитиновые гели в биологически инертных органических растворителях являются перспективными материалами для медицины, косметики и биотехнологии.

Полагают, что лецитиновые органогели образуются только при использовании лецитина высокой степени очистки (более

¹ Прокопова Лилия Александровна e-mail: li.prokopova@gmail.com

95% масс.). Высокая стоимость очищенного лецитина является основным недостатком, препятствующим широкому применению лецитиновых органогелей в медицине и косметике. Поэтому необходимо исследовать возможность получения лецитиновых гелей на основе препаратов лецитина с содержанием основного вещества менее 95% масс. (фосфолипидных концентратов).

В настоящей работе было исследовано гелеобразование в системах фосфолипидный концентрат (ФЛК) — алифатический углеводородный растворитель — вода. Углеводородными растворителями служили гексан, октан, декан, додекан, гексадекан и медицинское вазелиновое масло. В качестве фосфолипидных концентратов использовали следующие препараты лецитина:

Препарат лецитина	Производитель	Содержание основного вещества, %	Основные примеси
Lipoid S 100	Lipoid, Германия	96,3	Лизофосфатидилхолин – 0,7%
Lipoid S 75	Lipoid, Германия	69,3	Фосфатидилэтаноламин – 9,8%
Lipoid S 45	Lipoid, Германия	52,9	Фосфатидилэтаноламин – 15,3% Лизофосфатидилхолин – 2%
Мосле-цитин	НИИ Биомедицинской химии РАМН, Россия	22	Фосфатидилэтаноламин – 20% Фосфатидилнозитол – 14% Полиненасыщенные жирные кислоты – 18%

Показано, что лецитиновые гели в н-алканах образуются как при использовании препаратов лецитина с высокой степенью очистки (Lipoid S100), так и фосфолипидных концентратов с содержанием основного вещества менее 95% (Lipoid S75 и Lipoid S45). Фосфолипидный концентрат «Мослецитин» (содержит 22 % лецитина) ни в одном из указанных растворителей гель не образует. Гелеобразование в системе ФЛК «Мослецитин» — вазелиновое масло — вода наблюдается в присутствии 5-8% масс. парафина, структура геля построена из игольчатых микрокристаллов парафина.

Для концентратов производства Lipoid (Германия) были выявлены закономерности гелеобразования в зависимости от количества атомов углерода в молекуле растворителя и от чистоты ФЛК. Соотношение количества молекул воды на одну молекулу лецитина, необходимое для образования геля, сначала возрастает, а затем снижается с увеличением длины цепи н-алкана, максимальное значение наблюдается для декана. Гели с наиболее широкой областью существования по воде получаются при использовании препарата Lipoid S45. Динамическая вязкость гелей повышается при увеличении числа атомов углерода в молекуле н-алкана и при снижении количества примесей в фосфолипидном концентрате. Вязкость гелей изменяется от 33 Па•с для системы Lipoid S45 — додекан — вода до 160 Па•с для системы Lipoid S100 — додекан — вода при скорости сдвига $0,33 \text{ с}^{-1}$ и температуре 25°C . Основной примесью, влияющей на гелеобразование, является фосфатидилэтаноламин.

Полученные данные позволяют предложить наноструктурированные лецитиновые гели на основе фосфолипидных концентратов для создания доступных по цене косметических и медицинских средств.

ИНТЕГРАТИВНЫЙ ПОДХОД К МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ВИЧ ИНФЕКЦИИ

В.А. Черешнев¹, В.В. Азиатцева², Д.С. Гребенников³,
А.А. Кислицын², Р.С. Савинков², Г.А. Бочаров⁴

¹Институт иммунологии и физиологии УрО РАН. Екатеринбург, Россия. *chereshnev@duma.gov.ru*

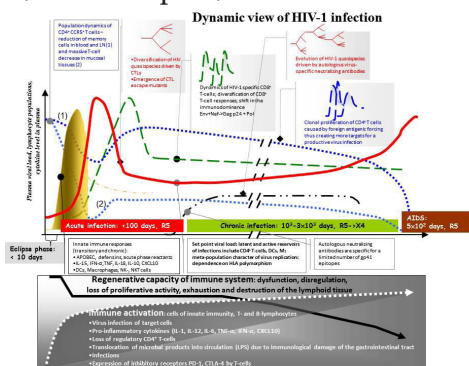
²МГУ им. М. В. Ломоносова. Москва, Россия. *valeryaaziatseva@yandex.ru*, *alexey.kislitsyn@gmail.com*, *dr.savinkov@gmail.com*

³МФТИ. Московская обл., Долгопрудный, Россия. *dmitry.ew@gmail.com*

⁴ИВМ РАН. Москва, Россия. *bocharov@imm.ras.ru*

Инфекционное заболевание, вызванное вирусами иммунодефицита человека первого типа (ВИЧ-1), является одним из социально-значимых инфекционных заболеваний России. Масштабные исследования закономерностей ВИЧ инфекции, проводимые в мире, позволили установить молекулярно-биологические особенности вирусной репликации, роль различных гуморальных и клеточных факторов, изменений в иммунном гомеостазе, но пока оказались недостаточными для решения задач, связанных с разработкой эффективных вакцин против ВИЧ, полноценным лечением ВИЧ/СПИД и восстановлением иммунной системы. Об этом свидетельствуют неудачи с разработкой вакцин в рамках проектов STEP, RV144. В силу сложности взаимодействия ВИЧ с организмом человека требуется развитие новых междисциплинарных подходов, в том числе, с применением методов прикладной математики для исследования и управления процессами, определяющими динамику и исход ВИЧ-инфекции.

Разработан интегративный подход к анализу и многомасштабному описанию иммунофизиологических процессов при ВИЧ инфекции [1,2]; выполнен анализ различных характеристик иммунных реакций между группами обычных ВИЧ-инфицированных больных («прогрессорами») и элитными контроллерами («непрогрессоры»), систематизированы данные по существующим лечебным воздействиям на основе противовирусной-, иммуномодулирующей- и системной терапиям [2]. Сформулирован блочный подход к разработке структуры интегративной математической модели [3]. Семейство процессов опосредующих взаимодействие ВИЧ с организмом в острую- и хроническую фазы инфекции и концептуальная структура многомасштабной модели представлены на рисунке, слева и справа, соответственно.



Блочная структура многомасштабной модели ВИЧ инфекции



В качестве ядра интегративной модели ВИЧ инфекции нами используется математическая модель противовирусного иммунного ответа Марчука-Петрова. Модель дополнена уравнениями, описывающими компоненты системы врожденного иммунитета. Проведена начальная калибровка модели по реальным данным. Исследована чувствительность точки стабилизации вирусной нагрузки к изменению параметров модели. Построены первые версии (1) совместной модели пространственно-временной динамики ключевых процессов внутриклеточной репликации ВИЧ и распространения инфекции в органе-мишени и (2) модели трехмерной динамики противовирусного иммунного ответа для сферической геометрии органа-мишени. Для моделирования миграции клеток в лимфоидных органах реализована двумерная версия стохастической клеточной модели Поттса.

*Работа выполнена при поддержке
Программы Президиума РАН
«Фундаментальные науки – медицине» (№5П)
и РФФИ (№11-01-00117а).*

Литература

1. Черешнев В.А., Бажан С.И., Бахметьев Б.А., Гайнова И.А., Боcharов Г.А. Системный анализ патогенеза ВИЧ-инфекции. Усп. совр. биол. 2012;132(2):115-140.
2. V.A. Chereshevnev, G.A. Bocharov, S. Bazhan, B. Bachmetyev, I. Gainova, V. Likhoshvai, J.M. Argilaguet, J. Martinez, J.A. Rump, B. Mothe, C. Brander, A. Meyerhans Pathogenesis and Treatment of HIV Infection: The Cellular, the Immune System and the Neuroendocrine Systems Perspective. Int. Rev. Immunol. 2013; 32(3): 282-306.
3. G. Bocharov, V. Chereshevnev, I. Gainova, S. Bazhan, B. Bachmetyev, J. Argilaguet, J. Martinez, A. Meyerhans. HIV Infection: from Biological Observations to Mechanistic Mathematical Modelling. Math. Model. Nat. Phen. 2012; 7(5):78-104

Нанокompозитные полимеры и текстиль

НОВЫЕ НАНОПОЛИМЕРНЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОЛИГОБУТАДИЕНОВ

И.А. Баженов, Н.С. Минеева, С.В. Красников

Ярославский государственный технический университет. Ярославль, Россия.

bazhenov.ilya@mail.com; ydm@mail.ru; krasnikovsv@ystu.ru

Модификация полимеров с целью получения материалов с новыми или улучшенными свойствами привлекает постоянный интерес исследователей, поскольку исходные материалы не обладают комплексом свойств и характеристик, необходимых для того или иного их практического применения. Перспективным направлением модификации полимеров является использование микро- или нано- модификаторов, которые придают полимерным материалам комплекс уникальных свойств. Нанометровый размер модификаторов открывает новые свойства материалов: физические и химические, где очень близко сходятся такие науки как химия, физика и биология. Значительный практический и научный интерес представля-

ют представлять новые материалы: металлополимерные нанокompозиты, которые сочетают свойства органических и неорганических веществ и раскрывают широкие возможности для их различного применения; так же большой интерес представляют наноматериалы, полимерные матрицы которых содержат биологически активные вещества: белки, нуклеатиды, ферменты, которые придают системам уникальные свойства и способны к самосборке и наноструктурированию.

Большой интерес для создания новых полимерных наноматериалов представляют жидкие углеводородные каучуки, которые могут быть химически модифицированы, для придания нового комплекса свойств. Наличие в олигомерной цепи модифицированных олигобутадиенов различных функциональных, гидрофильных и гидрофобных групп позволяет широко использовать их в органо- и водо-растворимых полимерных системах. Это дает возможность применять их в качестве иммобилизаторов белков, носителей биологически активных веществ и для создания металлополимерных нанокompозитов электрохимическим методом.

Синтезированы новые полимерные системы на основе полифункциональных олигобутадиенов с азотсодержащими биологически активными карбоновыми кислотами, глицином, гепарином и белковыми соединениями. Спектральными методами и химическим анализом исследованы структура и свойства, установлено, что происходит ионное и ковалентное связывание вышеуказанных веществ с полифункциональными олигобутадиенами.

Таким образом, опираясь на экспериментальные и литературные данные, мы предполагаем, что полифункциональные олигобутадиены перспективны в создании материалов биомедицинского и биоинженерного назначения, в микро- и нанoeлектронике и могут быть полезными в различных сферах человеческой деятельности.

НАНОУГЛЕРОДНЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ – ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ РАДИОЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ЗАЩИЩАЮЩИХ ЧЕЛОВЕКА ОТ ВРЕДНОГО ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

В.Н.Гульбин¹, Н.С. Колпаков, В.В. Поливкин

Центр «Радиозащита при ОАО «ИМЦ Концерна «Вега». Москва, Россия.

Неотложность комплексного решения проблемы защиты городской среды обитания человека, его жилища и, в первую очередь, детей и людей со слабым здоровьем, от вредного влияния электромагнитных полей (ЭМП) диктуется непрерывно растущим электромагнитным фоном, связанным с резким увеличением числа теле- и радио- станций, ростом мобильной связи, широким внедрением радиоэлектронных устройств и СВЧ-излучающих приборов и технологий в промышленности и бытовых условиях, использованием ускорительных установок в медицине и промышленности и т.д. Термин "глобальное электромагнитное загрязнение окружающей среды" официально введен в 1995 году ВОЗ, включившей эту проблему в перечень приоритетов для человечества. Композиционные материалы (КМ) с нанокремнеземными наполнителями являются весьма привлекательными для электромагнитной защиты благодаря их высокой эффективности и технологичности, что

¹ Гульбин Виктор Николаевич, начальник центра Радиозащита, к.т.н.
E-mail: vngulbin@mail.ru

помогает упростить радиозащитные конструкции и значительно снизить затраты при создании защиты от ЭМП УВЧ и СВЧ-диапазона. Кроме того, эти КМ привлекают своим низким удельным весом и пожарной безопасностью.

В работах [1,2] показано, что для повышения радиопоглощающих свойств КМ необходимо образование хорошо организованной сетчатой структуры с ячейками между отдельными агрегатами или их комплексами размером $1\div 500$ мкм. Формирование подобной структуры в композите характерно для углерода с высокой способностью к структурообразованию, имеющего с удельную поверхность не менее $160\text{--}180$ м²/г и средний размер частиц $10\div 30$ нм. Наличие одновременно электропроводной сетки и изолированных частиц диэлектрической матрицы является одним из основных условий образования дипольной структуры композита и создает условия для повышения его радиопоглощающих свойств. На этих основаниях из всех исследованных радиопоглощающих компонентов для создания радиозащитных КМ были выбраны углеродные наполнители с высоким структурообразованием и удельной геометрической поверхностью.

Для защиты от ЭМП разработаны и исследованы радиопоглощающие наполнители и покрытия, основой которых являются радиозащитная углеродсодержащая композиция, высокодисперсный и терморасширенный графит, углеродные волокна и углеродные нанотрубки. С использованием этих наполнителей разработаны новые КМ и технологические процессы изготовления радиозащитных материалов различного назначения: пеностекло, радиозащитные бетон и пенобетон, специальные радиопоглощающие наполнители и покрытия, полимерные КМ, самопенящиеся КМ. Разработанные радиозащитные материалы не содержат вредных и токсичных компонентов и позволяют снизить уровень мощности ЭМП внутри помещений до нормативных или заданных значений [2,3].

Литература

1. Radio-protective composites filled with carbon nano-particles. V. Gulbin, V. Mikheev, N. Kolpakov, V. Polivkin. 20th International Symposium on Metastable and Nano Materials (ISMANAM-2013). Book of Abstracts. Torino, Italy, June 30-July 5, 2013.

2. Материалы для защиты среды обитания человека от влияния электромагнитных излучений. В.Н.Гульбин, В.А.Михеев, Н.С.Колпаков, Ю.К.Александров, В.В. Поливкин. Журнал Технологии ЭМС 2013, №2(45).

3. Разработка радио- и радиационно-защитных композитов на основе наноструктурных наполнителей. Поливкин В.В., Гульбин В.Н., Колпаков Н.С., Александров Ю.К. V Всероссийская конференция по наноматериалам. Звенигород, 23-27 сентября 2013 г. / Сборник материалов. – М.: ИМЕТ РАН, 2013.

NBIC-ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕКСТИЛЯ И ОДЕЖДЫ. ОЖИДАНИЯ, УСПЕХИ, ПРОБЛЕМЫ

Г.Е. Кричевский¹

*Московский государственный университет технологий и
управления им. К.Г. Разумовского. Москва, Россия*

Современный multifunctional текстиль и одежда являются одними из главных объектов приложения NBIC-технологии наряду с электроникой, композитами, медициной и военной техникой.

Текстиль и одежда являются предметами, используемыми в повседневной жизни, поэтому в случае использования при их изготовлении NBIC-технологий чрезвычайно широкая аудитория пользователей может оценить все достоинства и про-

¹ Кричевский Герман Евсеевич, профессор E-mail: gek20003@gmail.com

блемы, возникающие при применении NBIC-продукции на основе текстиля.

С точки зрения области использования всю NBIC-продукцию можно условно разделить на два направления:

- гражданское,
- военное.

При этом NBIC-технологии используются как двойного назначения, одна и та же функция текстиля и одежды может быть использована в двух направлениях. Например, сенсорный текстиль используется для диагностики состояния организма больного, спортсмена и солдата в боевых условиях.

Таблица 1

Примеры использования NBIC-технологий
в боевом комплекте одежды солдата 21 века

N	B	I	C
Комфортность	<u>Комфорт</u>	Автономная	Экзоскелет
Малый вес	Тактильность	энергетика	Сенсорность
Тактильность	Климат-	Сенсорность	Маскировка
Климат-	контроль	Коммуника-	Оценка боевой
контроль	<u>Защита</u>	тивность	ситуации
	Бактерицид-	Ориентация	
	ность	Маскировка	
	Антибалистика	Экзоскелет	
	Хим-биозащита		
	Маскировка		
	Гидрофобность		
	Экзоскелет		

Основные достижения NBIC-технологий в производстве многофункционального, «умного» текстиля и одежды за последние ~ 15 лет:

- Защитная многофункциональная «умная» одежда для си-

ловых структур, спасателей, пожарников, работников опасных профессий.

► Диагностическая одежда для больных, спортсменов, для армии.

► «Умный» текстиль для модной одежды и для «умного» дома.

► Медицинский текстиль (спецодежда, раневые покрытия, имплантаты и др.).

► Защитные спецкостюмы для пилотов реактивных самолетов и для космонавтов.

► Новое поколение нановолокон для нового поколения композитов.

ВЛИЯНИЕ НАНОРАЗМЕРНОГО БОРАТА ЦИНКА НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА И ПО- ЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА.

С. Маракулин¹, А.А. Серцова, Е.В. Юртов

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

Подавляющее большинство материалов, используемых человеком, являются пожароопасными, к таким материалам относятся полимеры. При их горении выделяется большое количество тепла, газообразные ядовитые продукты, а сам процесс можно охарактеризовать как самоподдерживающийся. Важной задачей мероприятий, направленных на борьбу с пожарами, является пассивная пожаробезопасность материалов.

¹ Маракулин Станислав Игоревич, аспирант
E-mail: stas.nano.org@gmail.com

В разработке полимерных материалов пониженной горючести можно выделить несколько направлений, наиболее эффективным способом является – введение замедлителей горения (антипиренов).

В работе для снижения горючести полимерных нанокмпозитов на основе полипропилена (ПП) и поливинилового спирта (ПВС) использовали наноразмерный борат цинка, со средним размером частиц 80 нм., в качестве синергетной добавки использовали фосфорсодержащий антипирен — полифосфат аммония (ПФА). Применение двух типов замедлителей горения обусловлено различными механизмами снижения горючести полимеров. Концентрация композиции замедлителя горения (ПФА-борат цинка) не превышала 15 масс.%, с отношением ПФА: $2\text{ZnO} \cdot 3\text{V}_2\text{O}_5$ 0:15, 5:10, 10:5, 15:0. Композиции на основе ПВС получали из раствора, на основе ППП — из расплава.

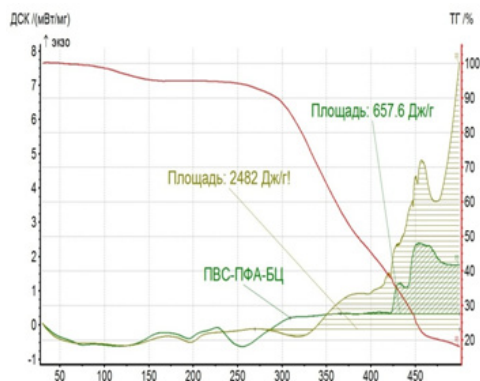


Рис. 1. ТТ-ДСК кривые образца ПВС-ПФА-БЦ

Установлено, что скорость горения композиции на основе ПВС, содержащей 5% борат цинка и 10% ПФА, уменьшается в 8 раз с 1,7 см/мин (для чистого ПВС) до 0,2 см/мин, а величина коксового остатка сохраняется на уровне 50%.

По результатам синхронного термогравиметрического — дифференциально сканирующего (ТТ-ДСК) анализа (рис. 1) установлено, что на первом этапе разложения наночастицы

бората цинка и полифосфата аммония негативно действуют на термостабильность композиции, ускоряя процесс потери массы образца. Это связано с ускорением процесса дегидратации. На второй стадии наблюдается заметная эффективность термостойкого действия добавки. Это связано с тем, что при температуре выше 350°C происходят процессы сшивки дегидратированного ПВС, с образованием сопряженных связей.

По ТГ-ДСК-данным установили, что величина тепловыделения чистого ПВС более чем в 3,5 раза превышает значение композиции «ПВС-ПФА-БЦ». Следовательно, композиция бората цинка и полифосфата аммония способствуют снижению скорости деструкции ПВС, а также значительному снижению скорости горения и способствует коксообразованию.

Исследования образцов на огне- и термостойкие свойства проводились аналогично композициям на основе ПВС. Результаты испытаний представлены в таблицах.

Таблица 1.

**Испытания на огнестойкость композиций
на основе полипропилена**

Композиция	КЧ, %	КИ	Скорость горения см/мин
ПП1 (марка)	34,3	19,2	0,9
ПП1(85) - ПФА(15)-БЦ(0)	37,8	20,2	0,7
ПП1(85)- ПФА(13)-БЦ(2)	45,9	20,3	0,5
ПП1(85)-ПФА(10)-БЦ(5)	43,8	20,5	0,5
ПП1(85)- ПФА(0)-БЦ(15)	34,9	19,4	0,7
ПП2 (марка)	37,2	—	0,8
ПП2-ПФА(10)+БЦ(5)	46,3	—	0,7
ПП2- ПФА(0)+БЦ(15)	45,2	—	0,2

Можно сделать вывод: с одной стороны, наночастицы бората цинка, используемые для повышения огнестойкости, показывают высокое значение косового числа (КЧ), так же скорость горения полимеров сокращается на значительную величину, но с другой стороны величина кислородного индекса (КИ) отображает возможность горения композита в атмосфере. Это можно объяснить неоднородным распределением замедлителя горения в матрице полимера.

Композиция на основе ПФА и наночастиц бората цинка является эффективной замедлителем горения, а наночастицы бората цинка — эффективной синергетной добавкой. Лучшие результаты показал композиционный материал на основе ПВС и ПП, содержащий в себе 10 % ПФА и 5 % наноразмерного бората цинка.

СЛОИСТЫЕ ДВОЙНЫЕ ГИДРОКСИДЫ. СИНТЕЗ, ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ В КАЧЕСТВЕ ЗАМЕДЛИТЕЛЯ ГОРЕНИЯ ПОЛИПРОПИЛЕНА

Е.Н. Субчева¹, А.А. Серцова, Е.В. Юртов

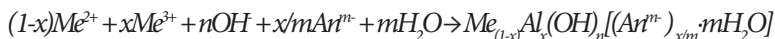
*Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева. Москва, Россия*

Слоистые двойные гидроксиды (СДГ) — это неорганические соединения состава $\text{Me}_{1-x}^{2+} \text{Me}_x^{3+} (\text{OH})_2 [(\text{A}^{n-})_{x/n} \cdot m\text{H}_2\text{O}]$, где Me^{2+} и Me^{3+} — катионы двухвалентных и трехвалентных металлов, образующие плотные слои с толщиной — 1÷5 нм и межслоевым пространством от 0,3÷1,5 нм A^{n-} — подвижный анион в межслоевом пространстве [1]. Особенность структуры СДГ позволяет их использовать в качестве сорбентов, нанореакторов, а также в качестве замедлителей горения для термопла-

¹ Субчева Елена Николаевна, аспирант E-mail: subcheva.el@yandex.ru

стичных полимерных материалов [2].

В работе исследовали влияние различных параметров синтеза на формирование структуры модифицированных СДГ, полученных методом контролируемого осаждения из раствора с последующим старением осадка. Процесс происходил согласно химической реакции [3]:



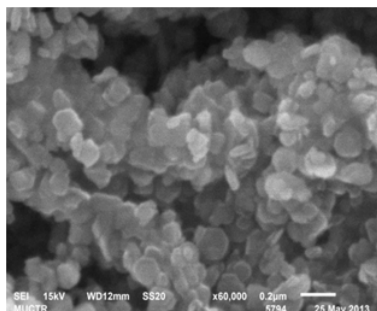
где Me^{2+} и Me^{3+} - Mg и Al , Ar^{n-} - CO_3^{2-} или $C18H33O_2^{2-}$.

Образование СДГ состава $Mg_6Al_2(OH)_{16}[(C18H33O_2^{2-})_4 \cdot 4H_2O]$ происходило в результате замещения карбонат-анионов, а олеат-анионов в процессе модификации образцов с целью расширения межслоевого пространства и придания СДГ гидрофобных характеристик.

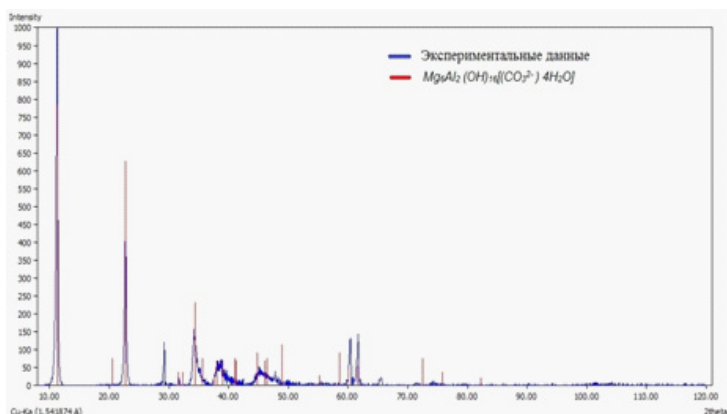
Качественный состав полученных СДГ определялся с помощью рентгенофазового анализа, который показал, что образец СДГ без модификации имеет кратные пики, характерные для слоистой структуры. На дифрактограмме СДГ, модифицированного олеатом натрия, также присутствуют характерные пики. Увеличение ширины пиков косвенно свидетельствует об увеличении межслоевого пространства. Наличие слоистой структуры также было подтверждено методом сканирующей электронной микроскопии (рис.1).

Полученные СДГ использовались для создания нанокомпозигов на основе полипропилена. Полимерные нанокомпози́ты на основе полипропилена содержали 1÷5 масс.% слоистых соединений для повышения огне- и термостойких характеристик материала.

Было установлено, что низкие концентрации СДГ (1÷2 масс.%) не значительно влияют на огнестойкие характеристики полипропилена. При концентрации 5% заметно повышается предельный кислородный индекс, а также коксовое число. Для модифицированных образцов значения выше, ввиду более равномерного распределения образца в полимерной матрице.



а



б

Рис. 1. Сканирующая электронная микроскопия (а) и дифрактограмма (б) образца СДГ $Mg_6Al_2(OH)_{16}[(CO_3)^{2-}]_4H_2O$

Литература

1. Yuki Arai, Makoto Ogawa. Preparation of Co–Al layered double hydroxides by the hydrothermal urea method for controlled particle size // Applied Clay Science, 2009, Vol. 42, p. 601-604.
2. Lili Wang, Bin Li, Zhongqin Hu, Jingjing Cao Effect of nickel on the properties of composites composed of layered double hydroxides and ethylene vinyl acetate copolymer // Applied Clay Science, 2013, Vol. 72, p. 138-146.
3. Серцова А.А., Королева М.Ю., Юртов Е.В. Влияние концентрации катионов металлов на образование структуры слоистых двойных гидроксидов // Хим. технология, 2011, № 4, С. 232-236.

Нано- структурированные металлы и сплавы

АЛЮМОКОМПОЗИТЫ, УПРОЧНЕННЫЕ МАЛЫМИ ДОБАВКАМИ НАНОЧАСТИЦ ZrO_2 И Al_2O_3 , ПОЛУЧЕННЫХ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

А.Е. Агуреев¹, В.И. Костиков¹, Ж.В. Еремеева¹, Е.А. Левашов¹,
Р.Н. Ризаханов²

¹ *Московский институт стали и сплавов. Москва, Россия*

² *ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша». Москва, Россия*

Применение добавок керамических наночастиц в малых концентрациях для упрочнения алюминия и сплавов на его основе является актуальной задачей при создании новой ракетно-космической техники. Использование дисперсно-прочнённых алюмокомпозиов позволит существенно снизить массу полезного груза и, следовательно, стоимость космических аппаратов.

¹ Агуреев Леонид Евгеньевич, аспирант E-mail: trynano@gmail.com

В настоящей работе были получены и исследованы образцы композитов на основе алюминия с малыми добавками наночастиц ZrO_2 и Al_2O_3 в концентрации не превышающей 0,15 об.%. Концепция «малых концентраций» связана с возможностью, согласно работам акад. И.Ф.Образцова, существенно изменять свойства межфазного слоя матрица/упрочнитель и в несколько раз (скачкообразно) увеличивать механические свойства материала.

Наночастицы были синтезированы на плазмохимической установке ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша» в сотрудничестве с ИМЕТ РАН. Для получения оксида циркония использовалась воздушная или аргонокислородная плазма, в шихте применялся хлорид циркония ($ZrCl_4$, ЧМЗ). Для синтеза оксида алюминия в воздушную плазму подавался порошок марки АСД-4 (Суал). Свойства синтезированных наночастиц следующие: Al_2O_3 ($d_{cp} = 60$ нм, $S_{уд} = 27$ м²/г), ZrO_2 ($d_{cp} = 50$ нм, $S_{уд} = 25$ м²/г).

Алюмокомпозиты были приготовлены методом порошковой технологии, включающем перемешивание наночастиц с порошком алюминия (АСД-4) в этаноле при воздействии ультразвука, сушку на воздухе, прессование при 400 МПа и твердофазное спекание в форвакууме при 640°C.

Была измерена микротвёрдость нанокомпозитов по Виккерсу, которая составила $0,48 \div 0,52$ ГПа, в то время как для алюминия этот показатель не превышает 0,3 ГПа.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СПЕКАНИЯ НАНОПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ

И. П. Арсентьева¹, М. М. Ристич², Е.А. Сухарева¹, С.И. Теплякова¹, А.А. Шонбин¹

¹*Московский государственный машиностроительный университет. Москва, Россия*

²*Институт технических наук Сербской Академии Наук и Искусств. Белград, Сербия*

Спекание нанопорошков (НП) металлов рассматривалось с точки зрения этапа «синтез-структура-свойства» [1]. Для этих целей использовался комплекс методик, включающих физико-химические, структурные, спектральные и термокинетические исследования наночастиц (НЧ) на каждой стадии технологической цепочки порошковой металлургии «получение-прессование-спекание» [2]. В результате приведенных исследований в ряду высокодисперсных порошков никеля, размером 0,1(95,3 нм); 1,0 и 10,0 мкм была установлена верхняя граница («больших») размеров НЧ. Так, при размере частиц менее 1 мкм происходит резкое изменение физико-химических, структурных и технологических параметров. Влияние размерного фактора на донимирующие механизмы массопереноса при спекании таково, что с ростом степени дисперсности, как показали диаграммы спекания, увеличивается действие адгезии, поверхностной и зернограничной диффузии, в то время как влияние объемной диффузии уменьшается. При этом об-

¹ Арсентьева Ирина Петровна, профессор, д.ф.-м.н. arsentyeva_i@mail.ru

ласть объемной диффузии на диаграмме спекания с радиусом частиц $\gamma=0,5$ мкм отсутствует [2]. Ранее было установлено, что для металлов в наносостоянии при размере частиц менее 1 мкм действуют иные механизмы массопереноса при спекании, а именно, межчастичное проскальзывание и коалесценция [3]. В настоящей работе рассматриваются причины, способствующие протеканию этих явлений. Так, установлено, что стимулирующими коалесценцию нанометаллических частиц являются процессы термической диссоциации или восстановления оксидных пленок на поверхности порошинок [2, 4, 5]. Построена модель процесса коалесценции НЧ, которая подтверждена многочисленными экспериментальными данными.

Формирование в процессе спекания НЧ металлов специфических микроструктур обсуждается на основе теории симметрии межкристаллитных границ и теории самоорганизации. Предложены модели и механизмы спекания, основанные на конкуренции процессов перегруппировки (переупаковки) НЧ и их объединения (огрубления микроструктуры). На основе экспериментальных данных выполнены атомные модели и проведен расчет степени усадки порошка за счет протекания химических реакций на поверхности НЧ металлов [6, 7].

Литература

1. Ristic M.M., Prydko L.F.//The Electronic Theory of the Solid State in the Science of Sintering. 3. Serb. Soc., 56 (1991). P.433-451.
2. Новиков В.И., Трусов Л.И., Лаповок В.Н., Гелейшвили Т.П. Особенности процессов переноса массы при спекании ультрадисперсных порошков// Порошковая металлургия. №7 (1983). С.39-46.
3. Арсентьева И.П., Ристич М.М. Ультрадисперсные металлические порошки. Получение, структура, спекание. Центр Мультидисциплинарного Обучения Белградского Университета, Белград, СФРЮ, 1987. С. 141.
4. Arsentyeva I.P., Andreeva A.V. Size effect and Boundary Phase Transformations during Consolidation of Nickel Dispersion Powders// Materials Science Forum. V.207-209. 1996. P.785-788.

5.Andreeva A.V., Arsentieva I.P., Zacharov N.D.//Contact effects and Selforganisation Processes During Consolidation of Metal Powder Nanoparticles. Science of Sintering, 1999 (31) 3. – P.139-150

6.Ристич Н.М., Николич З.С., Арсентьева И.П., Губенко Б.В., Сухарева Е.А. // Закономерности консолидации однокомпонентных металлических порошков различной степени дисперсности. Часть I. Физико-химические и структурные превращения. Нанотехнологии: наука и производство, 2010. – С.13-19

7.Ристич Н.М., Николич З.С., Арсентьева И.П., Губенко Б.В., Сухарева Е.А. // Закономерности консолидации однокомпонентных металлических порошков различной степени дисперсности. Часть II. Рекристаллизация и явления массопереноса. // Нанотехнологии: наука и производство, 2010. – С.20-24

МЕТОДЫ БИОТЕХНОЛОГИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУРЫ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

Н. И. Борисенко¹, А. Е. Савелло, Е. А. Чичиро

*Электростальский политехнический институт (филиал)
МГУМ. г. Электросталь, Россия*

Основным способом формирования биологических структур является самосборка и самоориентация, которые определяются особыми носителями информации, заложенными в ДНК. Однако при формировании структуры композиционных материалов, состоящих из неорганических

¹ Борисенко Николай Иванович, академик РАМТН E-mail: nickbor@mail.ru

веществ наблюдаются аналогичные процессы, провоцируемые другими носителями информации, в роли которых выступают силы поверхностного напряжения, термические напряжения, фазовые превращения и так далее, которые в совокупности проявляют себя в явлении памяти формы. ориентированной усадки и формировании заданных структур в неорганических материалах, управляя которыми можно получать материалы с расчётными, наперёд заданными свойствами.

Это позволяет говорить о методах биотехнологии в машиностроении для получения материалов с особыми структурами, которые невозможно получить "обычными" методами.

Для инициализации самоориентации и самосборки при формировании структуры твёрдого сплава в процессе спекания нами использовано явление высвобождения избытка поверхностной энергии, который свойственен наночастицам [1,2].

Схема процесса показана на рисунке 1, на котором показано, что при полном переходе наночастиц, например карбида вольфрама, в расплав, высвобождающаяся энергия поверхности участвует в формировании поверхности новых частиц при рекристаллизации, причём поскольку величина этой энергии выше, чем допустимая величина поверхностной энергии для вновь образующихся относительно крупных частиц карбида вольфрама, то последние разламываются на части, величина которых соответствует номинальному порогу поверхностной энергии.[3]. В таблице 1 показано расчётное соотношение между величиной поверхностной энергии частиц различного размера, из которой видно, как с уменьшением размеров частиц до наноуровня изменяется величина поверхностной энергии.

Таблица 1.

Значение коэффициента поверхностного натяжения порошков в различном состоянии

Элемент	Значение коэффициента поверхностного натяжения порошков, Н/м		
	$\sigma_{\text{и}}$ исходного	$\sigma_{\text{м}}$ модифици- рованного	$\sigma_{\text{н}}$ нано-
Вольфрам	3,36	3,7	$3,36 \cdot 10^3$
Титан	4,513	4,964	$4,513 \cdot 10^3$

Использование наночастиц для уменьшения размеров зерна в твёрдых сплавах. позволило получить мелкозернистый твёрдый сплав с высоким сопротивлением изнашиванию и повышенной твёрдостью, при сохранении исходной прочности базового твёрдого сплава.

Физико-механические свойства модифицированного сплава даны в таблице 2.

Таблица 2

Физико-механические свойства твёрдых сплавов

Марка сплава	Плотность γ , г/см ³	Прочность при поперечном изгибе $\sigma_{\text{изг}}$, МПа	Твёрдость HRA, кг/мм ²	Ударная вязкость K1с, кгс м/мм ²
ВК8, ГОСТ 3882-74	14,4 - 14,8	1600	87,5	0,25
ВК8УДП, СКИЛ М-30	14,3-14,6	1800	89-90	1,5-2,0

Полученный твёрдый сплав обладает высокой износостойкостью, как это видно из рисунка 2 при обработке жаропрочных сплавов, при использовании его для изготовления подшипников скольжения, работающих в абразивной среде — сырой нефти [4] и при работе режущего инструмента, работающего при ударах, например при измельчении автопокрышек [4].

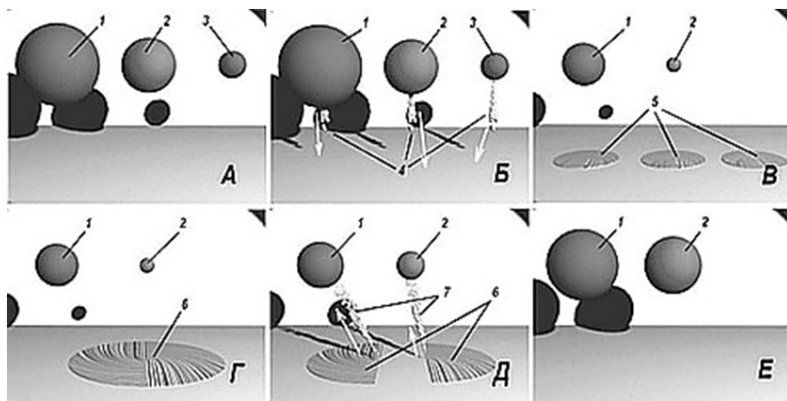


Рис.1. Модель последовательного образования частиц структуры твёрдого сплава при спекании в присутствии наночастиц в шихте. А – исходный состав шихты, 1 и 2 – микрочастицы, 3 – наночастица. Б – образование жидкой фазы 4, стрелки условно показывают движение жидкой фазы. В – наночастица полностью перешла в жидкую фазу 5, доля каждой из частиц считается равной. Г – образование объединенной жидкой фазы 6. Д – кристаллизация твёрдого сплава, каждая из частиц – центр кристаллизации, забирает часть материала 7 из "общего котла". Е – новая структура твёрдого сплава. Заметно выравнивание размеров частиц.

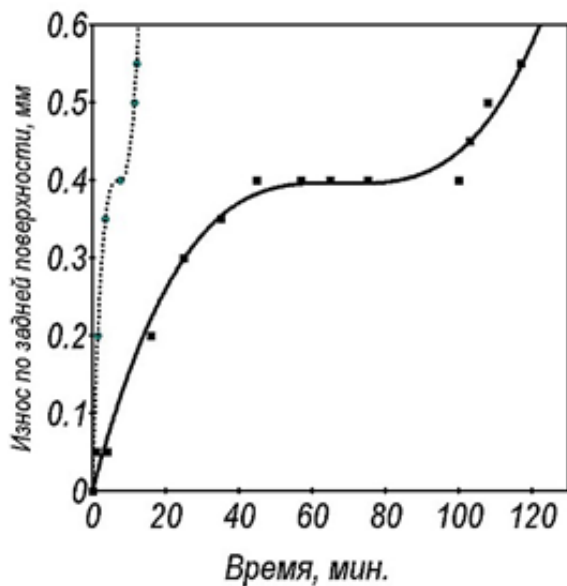


Рис.2. Зависимость износа по задней поверхности от времени работы при $V = 20$ м/мин, $S = 0,2$ мм/об, $t = 0,5$ мм. Точение сплава ХН73МБТЮ-ВД. (по данным ЦНИИТМаш)

Литература

1. Афанасьев А.А., Борисенко Н.И., Борисенко О.Н., Калмыков В.И., Рягузов С.А. Управление структурой твёрдого сплава ВК8 добавлением наночастиц карбидов Журнал "Конструкции из композиционных материалов" №3, М.: ВИМИ. 2007г
2. Борисенко Н.И, О.Н.Борисенко, П.А.Лисин Моделирование структуры твёрдого сплава с наночастицами карбида вольфрама Сборник научных трудов и инженерных разработок. Ориентированные фундаментальные исследования – федеральные целевые программы, наукоёмкое производство. Под ред. ак.АН РАН Фролова К.В. – М: Эксподизайн. 2007. -462с.
3. Борисенко Н.И, В.И.Калмыков, И.А.Сергеев, М.В.Кондратьева, И.Ф.Чернова, Е.А.Чичиро Модифицирование твёрдого сплава для режуще-

го инструмента в технологии утилизации автопокрышек Труды VI Московской Международной конференции "Теория и практика технологий производства изделий из композиционных материалов и новых металлических сплавов (ТПКММ). 21-24 апреля 2009, МГУ.Знание. г. Москва

4. Борисенко Н.И., Рягузов С.В. Износ резцов из твёрдого сплава ВК8 модифицированного УДП карбида вольфрама Сборник научных Трудов Научной сессии МИФИ-2004, том 9, М.,2004

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ В КОМПОЗИТАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОЧАСТИЦ

Н. И. Борисенко¹, А. Е. Савелло, Г.Р. Петросян

*Электростальский политехнический институт (филиал)
МГУМ. г. Электросталь, Россия*

При наладке ядерных реакторов в "горячем" состоянии вместо тепловыделяющих элементов (твэл) в каналы реактора помещают трубчатые электронагреватели (тэн), реактор разогревают до рабочей температуры, устраняя проявляющиеся течи и другие неисправности. Проблемой является то, что мощность тэн-ов должна быть соизмерима с мощностью твэл-ов, то есть достигать порядка 3÷4 МВт при мощном тепловом потоке.

При малых поперечных сечениях каналов реактора — диаметр 10÷12 мм, толщина слоя изоляции в тэне состав-

¹ Борисенко Николай Иванович, академик РАМТН E-mail: nickbor@mail.ru

ляет всего $1 \div 2$ мм, а теплопроводность материала изоляции должна быть не менее $4 \div 5$ Вт/(м²×°С) при рабочей температуре по оси нагревателя до 1000°С.[1]

Изоляция из периклаза может обеспечить теплопроводность не выше 2 Вт/(м²×°С) при заданной рабочей температуре.[2]

В СКИЛ М-30 разработан изоляционный материал на основе наночастиц нитрида бора, распределённых между микрочастицами периклаза.[3] Частицы периклаза при уплотнении хорошо сцепляются друг с другом, образуя пористый каркас, в пустотах которого располагаются наночастица нитрида бора, как это схематично показано на рисунке 1.

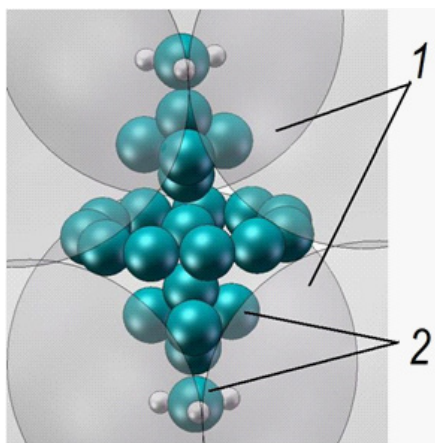


Рис.1. Схема заполнения промежутков между частицами микрочастицами периклаза 1 наночастицами нитрида бора 2. Видно, что частицы нитрида бора заполняют промежутки, соприкасаясь друг с другом

Плотное соприкосновение наночастиц обеспечивает передачу теплового потока с минимальными потерями, а каркас из микрочастиц периклаза определяет плотность прессовки и возможность проведения манипуляций с

прессовками без их повреждения. Теплопроводность такого композиционного материала определяется содержанием нитрида бора и плотностью прессовки.[4] Экспериментальным путём установлено оптимальное соотношение между теплопроводностью композита, прочностью прессовок, электрической прочностью и соотношением между нитридом бора и периклазом, которое обеспечивает достаточный уровень теплопроводности при рабочей температуре. При этом для сохранения достаточной электрической прочности необходимо использовать минимальное количество периклаза, который с повышением рабочей температуры выше 600°С начинает проводить электрический ток.

Для увеличения механической и электрической прочности в композит вводили бишофит, который, связывая периклаз, позволяет уменьшить количество последнего в смеси без ухудшения прочности прессовок. Правда при этом приходится вводить дополнительную операцию прокалики для удаления кристаллизационной воды.

Но зато значительно возросла электрическая прочность изолятора, что позволяет поднять напряжение питания до 6÷6,3 КВ, ток до 3000 А и получить тепловую мощность до 4,5÷5 МВт достаточную для проведения пуско-наладочных работ практически на всех типах промышленных ядерных реакторов.

Литература

1. М.Б.Гутман, Ю.А.Белавин Теплопроводность периклаза в тэнах. Электротехническая промышленность. Сер. Электротермия. 1972. Вып. 6, 120 с.
2. Г.В.Самсонов, А.П.Борисова. Физико-химические свойства окислов. Справочник. М.: «Металлургия» 1978, 472с.
3. Н.И.Борисенко, А.Е.Савелло, П.А.Лисин, Г.Р.Петросян Эксплуатационные качества комбинированной керамики. Сборник материалов Всероссийской заочной научно-практической конференции «Оценка влияния

кризиса на экономику, образование и право (на примере регионов и городов» - январь 2011 года) 26 января 2011 года, г. Электросталь

4. Н.И.Борисенко, Г.Р.Петросян Тэны большой мощности для исследования ядерных реакторов "Выход российских нанотехнологий на мировой рынок, опыт успеха и сотрудничества, проблемы и перспективы" Сборник трудов 3-й ежегодной научно-практической конференции Нанотехнологического общества России. 3 – 7 октября 2011г. Санкт-Петербург, Из-во Политехнического инс-та, 2011, 156с.

СТОЙКОСТЬ РЕЗЦОВ ИЗ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ С ДОБАВКОЙ НАНОЧАСТИЦ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА

Н. И. Борисенко¹, П.А.Лисин, Е.А.Чичиро

*Электростальский политехнический институт (филиал)
МГУМ. г. Электросталь, Россия*

Точение резцами из твёрдых сплавов модифицированных наночастицами карбида вольфрама показало, что стойкость таких резцов при точении жаропрочных сплавов возрастает до 10-ти раз.

Зависимость износа режущей пластины от времени работы при обработке сплава ХН73МБТЮ-ВД показана на рисунке 1. На этом же рисунке показана кривая стойкости для стандартного твёрдого сплава ВК8.

¹ Борисенко Николай Иванович, академик РАМТН E-mail: nickbor@mail.ru

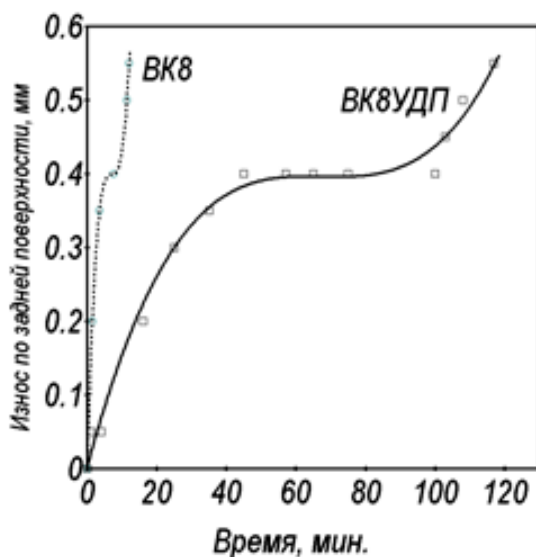


Рис.1. Зависимость износа по задней поверхности от времени работы при $V = 20$ м/мин, $S = 0,2$ мм/об, $t = 0,5$ мм. Точение сплава ХН7ЗМБТЮ-ВД.

Следует отметить, что существенное повышение стойкости токарного резца наблюдается при работе на режимах резания, установленных для резцов из стандартного твёрдого сплава ВК8. Увеличение скорости резания для резцов из стандартного твёрдого сплава ВК8. Увеличение скорости резания для повышения производительности снижает стойкость резца, поскольку красностойкость материала ВК8УДП и ВК8 одинаковы — связкой и в том и в другом случае является кобальт, а его свойства не изменяются. Это показано на рисунке 2. Из рисунка видно, что при повышении скорости резания кривые стойкости сходятся при некоторой температуре максимальной как для сплава ВК8, так и для ВК8УДП.

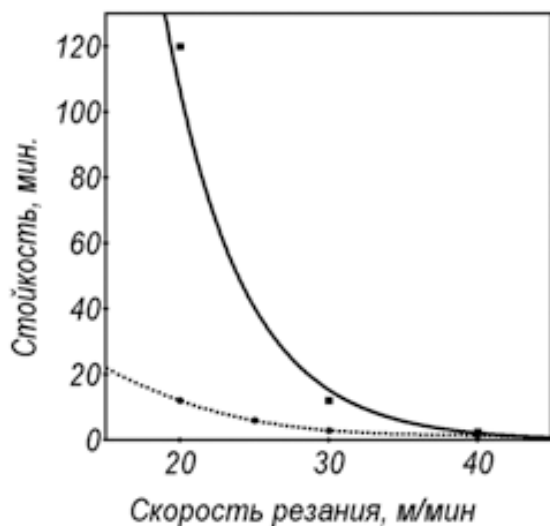


Рис.2. Зависимость стойкости инструмента от скорости резания при точении жаропрочного сплава ХН7ЗМБТЮ-ВД. Подача $S = 0,2$ мм/об, глубина $t = 0,5$ м.

При испытании на предприятии "Салют" кроме определения стойкостных зависимостей дополнительно изучалось и состояние обработанной поверхности и состояние режущей кромки на наличие вырывов блоков и зёрен и нарушения её прямолинейности.

Испытания подтвердили высокую устойчивость режущей кромки.

ВЫВОДЫ.

1. Стойкость токарных резцов из модифицированного твёрдого сплава ВК8УДП при черновом и получистовом точении жаропрочных сплавов повышается до 10 раз, а при точении нержавеющей стали — до $1,5 \div 2$ раз, если используется режим резания, задаваемые технологически-

ми регламентами, то есть без увеличения скорости резания, принятой при обработке упомянутых сплавов.

2. Износ режущей кромки по передней и задней поверхностям равномерный. Вырывов блоков и зёрен не наблюдается.

3. Модифицированный твёрдый сплав ВК8УДП может быть рекомендован для точения жаропрочных и нержавеющих сталей.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ЗЕРНА ТВЕРДОГО СПЛАВА ПО СОСТОЯНИЮ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭНЕРГИИ НАНОЧАСТИЦ

Н. И. Борисенко¹, А. Е. Савелло, Е. А. Чичиро Е. А.

*Электростальский политехнический институт (филиал)
МГУМ. г. Электросталь, Россия*

При введении наночастиц в шихту твёрдого сплава выявлена возможность уменьшения размеров зёрен спечённого твёрдого сплава.[1]

В СКИЛ М-30 проведён расчётно-теоретический анализ изменения зерна твёрдого сплава ВК8 при десяти возможных типах упаковок и соответствующего минимально допустимого содержания нанопорошка.

В результате расчётов получено значение изменения

¹ Борисенко Николай Иванович, академик РАМТН E-mail: nickbor@mail.ru

среднего размера зерна для упаковок различного типа, а затем из предположения о равнозначности влияния типа упаковок на среднестатистическое ожидание — получено ожидаемое уменьшение размеров зерна.

Результаты расчётов приведены в таблице.

Тип упаковки	Максимально допустимое содержание наночастиц в шихте, %	Плотность упаковки, %	Соотношение размеров зерна исходного и модифицированного
Кубическая	1,16	60,65	4
Уплотнённая кубическая	11,0	67,37	11
Пирамидальная	2,26	68,45	4,22
Уплотнённая пирамидальная	11,08	75,24	9,3
Орторомбическая	1,48	53,09	5
Уплотнённая орторомбическая	4,05	62,59	7,3
Тетрагональная	0,69	58,57	1,38
Уплотнённая тетрагональная	3,63	71,33	5,42
Тетраэдральная	0,16	51,39	1,91
Уплотнённая тетраэдральная	1,64	75,86	3,6

Таким образом получено, что зерно твёрдого сплава может быть изменено в размерах в среднем в 5,3 раза. Это

означает, что при размере частиц порошка в шихте в пределах $1 \div 3$ мкм, что соответствует размерам частиц порошков, выпускаемых промышленностью, возможно получение твёрдого сплава с размером зёрен $0,19 \div 0,56$ мкм. Это соответствует маркам твёрдого сплава с индексом М и ОМ, отличающихся повышенным сопротивлением изнашиванию.

Изучение микроструктур реальных твёрдых сплавов подтверждает теоретические расчёты [2]

Проведённые исследования позволили создать твёрдые сплавы с уровнем износостойкости мелкозернистых твёрдых сплавов при сохранении прочности на изгиб, соответствующей сплавам со средним размером зерна. То есть из обычной, сравнительно дешёвой шихты получены твёрдые сплавы, соответствующие сплавам, в настоящее время получаемым из шихты в $3 \div 4$ раза дороже обычной.

Литература

1. Афанасьев А.А., Борисенко Н.И., Борисенко О.Н., Калмыков В.И., Рягузов С.А. Управление структурой твёрдого сплава ВК8 добавлением наночастиц карбидов Журнал "Конструкции из композиционных материалов" №3, М.: ВИМИ. 2007г
2. Борисенко Н.И., Калмыков В.И., Петровская Т.М. и др. Точение жаропрочных материалов резцами из твёрдых сплавов со структурой, модифицированной добавкой наночастиц карбида вольфрама Технология металлов. №3, 2011г. М., Из-во "Наука и технологии"

ФОРМИРОВАНИЕ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ 100М ДИФФЕРЕНЦИРОВАННО ЗАКАЛЕННЫХ РЕЛЬСОВ

В.Е. Громов¹, А.Б. Юрьев², Ю.Ф. Иванов^{3,4}, К.В. Волков²,
К.В. Морозов¹, К.В. Алсараева¹, Е.В. Полевой², С.В. Коновалов¹

¹Сибирский государственный индустриальный университет.
Новокузнецк, Россия. gromov@physics.sibsu.ru

²ОАО «Евраз — Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат». Новокузнецк, Россия. volkov_kv@nkmk.ru

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Томск, Россия. yufi55@mail.ru

⁴Институт физики прочности и материаловедения СО РАН.
Томск, Россия

Цель настоящей работы — анализ и классификация структурно-фазовых состояний и дефектной субструктуры, формирующихся в поверхностном слое рельсов, подвергнутых дифференцированной закалке сжатым воздухом.

В качестве материала исследования использовали образцы 100м рельсов из стали Э76ХФ (ДТ350) (ГОСТ 51685-2000), прошедших дифференцированную закалку сжатым воздухом по различным режимам 1,2,3, обеспечивающим формирование следующих механических свойств:

1. $\sigma_B=1250\text{МПа}$, $\sigma_T=850\text{МПа}$, $\delta=12\%$, $\psi=37\%$;
2. $\sigma_B=1270\text{МПа}$, $\sigma_T=860\text{МПа}$, $\delta=10,5\%$, $\psi=40\%$;
3. $\sigma_B=1290\text{МПа}$, $\sigma_T=880\text{МПа}$, $\delta=11\%$, $\psi=37\%$.

Исследование структурно-фазовых состояний стали осуществляли методами просвечивающей электронной дифракционной микроскопии (ПЭМ) тонких фольг вдоль двух направлений: по центральной оси и по выкружке.

Установлено, что независимо от режима дифференцированной закалки в поверхностном слое образцов толщиной ~10 мм формируется поликристаллическая структура, представленная зернами перлита пластинчатой морфологии, зернами феррита, в объеме которых наблюдаются частицы цементита разнообразной формы (далее по тексту, зерна феррито-карбидной смеси) и зернами структурно свободного феррита (зернами феррита, не содержащими в объеме частиц карбидной фазы).

Относительное содержание данных типов структуры зависит от режима закалки и от глубины залегания исследуемых слоев. Основным типом структуры рельсовой стали является перлит пластинчатой морфологии, относительное содержание которого изменяется в пределах от 34% до 87%. Несколько меньшая относительная объемная доля зерен феррито-карбидной смеси (от 12 % до 65 % структуры стали). Относительная объемная доля зерен структурно свободного феррита мала и изменяется в пределах от 1 % до 5 % структуры стали.

Для пластинчатого перлита величина межпластинчатого расстояния изменяется в пределах от 105 нм до 200 нм и либо снижается при переходе от поверхности катания к слою, расположенному на глубине 10 мм (режим №1 и №2), либо не зависит от расстояния до поверхности катания (№3). Для режимов 1 и 2 средняя по исследованному поверхностному объему стали толщиной ~10 мм величина межпластинчатого расстояния практически одинакова и равна 145 нм и 142,5 нм, соответственно. Для режима 3 средняя величина межпластинчатого расстояния меньше и составляет 124 нм.

Зерна феррито-карбидной смеси характеризуются наличием в объеме частиц карбидной фазы, размеры и форма которых изменяются в широких пределах. Зерна феррито-карбидной смеси фрагментированы, т.е. разбиты на обла-

сти с небольшой разориентацией. По границам фрагментов располагаются частицы карбидной фазы пластинчатой или глобулярной формы. Размеры частиц изменяются в пределах от 20 нм до 40 нм. Средние размеры фрагментов составляют 120 нм. Фрагменты разделены малоугловыми границами. Величина азимутальной составляющей полного угла разориентации фрагментов $\Delta\alpha$ изменяется в пределах от 5,1 град. до 10,0 град.

Скалярная плотность дислокаций в ферритной составляющей структуры исследованных образцов стали изменяется в широких пределах от $2 \times 10^{10} \text{ см}^{-2}$ до $8 \times 10^{10} \text{ см}^{-2}$. Максимального значения она достигает вблизи глобулярных частиц карбидной фазы. В зернах феррито-карбидной смеси величина скалярной плотности дислокаций несколько выше, чем в ферритной составляющей зерен перлита независимо от режима закалки, направления исследования и расстояния исследуемого слоя от поверхности образца

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ДЕФОРМАЦИЯ И ПЛАСТИЧНОСТЬ АМОРФНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

С.Ф. Забелин¹, В.А. Зеленский

Забайкальский государственный университет. г. Чита, Россия

Эксперименты по оценке высокотемпературной пластичности и прочности проведены на испытательной машине ТМ-М фирмы "Инстрон", а дилатометрический анализ аморфных сплавов проводили на установке, устройство,

¹ Забелин Сергей Федорович, профессор metal@zabspu.ru

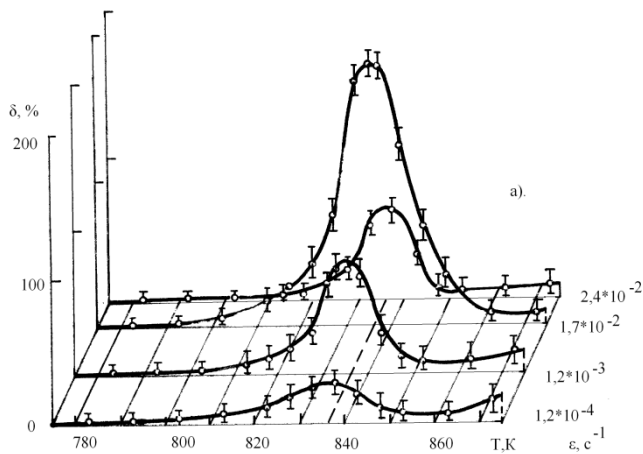
принцип и методика работы которых приведены в работе [1]. Для определения температуры стеклования T_g и кристаллизации T_k проводили исследования аморфных сплавов методом дифференциального термического анализа (ДТА) и их значения устанавливали по положению начала и конца эндотермических реакций на термограммах ДТА. Измерения проводили на дифференциальных термовесах модели "TGD- 1500RH", позволяющих проводить и микро-ДТА для незначительного количества материала.

Зависимости пластичности δ и предела текучести σ от температуры и скорости деформации для сплава 71КНСР представлены на рис.1,а,б. Деформацию образцов начинали с температуры, ограничивающей неблагоприятное воздействие структурной релаксации на пластичность. При постоянной скорости деформации по мере приближения к температуре $T_{\text{опт}}$ пластичность возрастает плавно, а затем — резко и достигает максимума при $T = T_{\text{опт}}$. При $T > T_{\text{опт}}$, пластичность материала резко падает. Зависимость δ при постоянной температуре от скорости деформации также немонотонна. При оптимальной скорости деформации $\dot{\epsilon}_{\text{опт}}$ материал обладает наивысшей пластичностью. Предел текучести при постоянной $\dot{\epsilon}$ по мере приближения к $T_{\text{опт}}$ уменьшается, достигает минимума при $T = T_{\text{опт}}$, а затем увеличивается. С ростом скорости деформации при постоянной температуре предел текучести возрастает немонотонно: вблизи $\dot{\epsilon}_{\text{опт}}$ наблюдается сильная зависимость $\sigma - (\dot{\epsilon})$. $T_{\text{опт}}$ и $\dot{\epsilon}_{\text{опт}}$ для сплава 71КНСР соответственно равны 836 К и $1,7 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$.

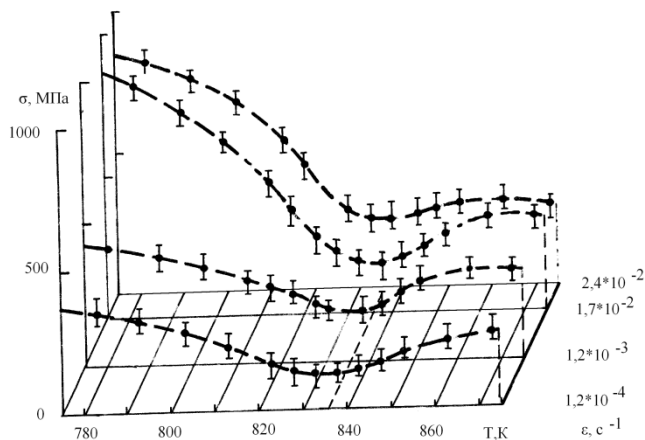
Термограмма ДТА сплава (рис.1,в) для скорости нагрева 50 К/мин, имеет хорошо выраженный эндотермический пик и мощный кристаллизационный экзотермический пик. Наличие эндотермического пика свидетельствует о том, что началу процесса кристаллизации сплава предшествует процесс стеклования, имеющий место в интервале 800-842 К.

Сопоставление данных (рис.1) приводит к выводу о том, что резкое увеличение пластичности наблюдается в интервале стеклования, а максимумы зависимостей $\delta(T)$ (минимумы $\sigma(T)$) приходятся на $T \sim 0,98 T_k$. При $T > T_k$ происходит резкое снижение пластичности, обусловленное интенсивно протекающей кристаллизацией. Последнее согласуется с быстрым снижением скорости ползучести при кристаллизации АММ [2].

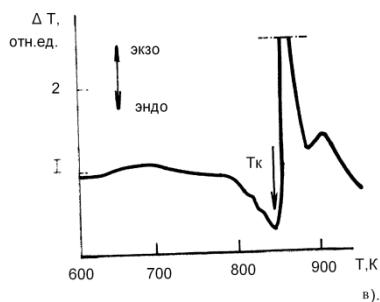
По результатам исследований установлено, что если кристаллизация аморфного сплава не начинается раньше достижения фазы стеклования, которая фиксируется ДТА или дилатометрическим измерением, то в температурной области этой фазы материал проявляет сверхпластическое поведение. В любом случае, интенсивная кристаллизация является лимитирующим пластичность фактором, а ее начало вызывает сильное деформационное упрочнение и разрушение материала.



a



б



в).

в

Рис. 1. Зависимость относительного удлинения (а), предела текучести (б) от температуры и скорости деформации, термограмма ДТА аморфного сплава 71KHCP (в). Скорость нагрева 50К/мин.

Литература

1. Забелин С.Ф., Зеленский В.А. Особенности кинетики нанокристаллизации аморфных металлических материалов при нестационарных режимах термического воздействия // Ученые записки ЗабГГПУ. Чита: ЗабГГПУ, 2012, № 3 (44). С. 62-72.
2. Андриевский Р.А., Глезер А.М. Прочность наноструктур // Успехи физических наук. 2009. Т.179. №4. С. 337-358.

НАНОФАЗНОЕ УПРОЧНЕНИЕ В МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВАХ

В.П. Кузнецов¹, И.П. Конакова

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Екатеринбург, Россия

Установлены закономерности формирования $(\gamma + \gamma')$ -структуры и фазового состава при высокотемпературных выдержках в монокристаллических сплавах ЖС36-ВИ и ВЖМ5-ВИ. Показано, что при выдержках в интервале температур

1050÷1200°С происходит рост размера первичной γ' -фазы, ее обогащение Al, Ti, Ni, Ta и значительное уменьшение содержания Cr, W и Re в ней. Возрастает толщина прослоек γ -фазы и существенное обогащение ее тугоплавкими элементами W, Re, Cr, Mo. При охлаждении образцов после высокотемпературных выдержек происходит распад γ -фазы и образуется ультрамелкодисперсная смесь $(\gamma_n + \gamma'_n)$ наноразмерного уровня: частицы γ'_n -фазы имеют размеры 20...60 нм, а прослойки γ_n -фазы между частицами γ'_n имеют толщину порядка 10...20 нм. На границе первичная γ' -фаза/ $(\gamma_n + \gamma'_n)$ частицы γ'_n -фазы имеют вытянутую форму вдоль границы раздела и их размер составляет < 100 нм в длину.

Показано, что сопротивление деформированию монокристаллических сплавов после температурных выдержек растет с изменением состава γ' -фазы, увеличением энергии и плотности межфазных γ/γ' границ (размерный фактор) за счет образования смеси $(\gamma_n + \gamma'_n)$ наноразмерного уровня и

¹ Кузнецов Валерий Павлович, главный научный сотрудник, д.т.н.
E-mail: turbomet@e1.ru

повышения уровня внутренних напряжений, величина которых связана с параметром несоответствия кристаллических решеток γ - и γ' -фаз. При растяжении ($T=20^\circ$) предел прочности (σ_b) и пластичность (δ) значительно возрастают ($\sim$ в 1,5 раза). Аналогичные изменения (σ_b ; δ) наблюдаются и при испытаниях на кратковременные механические свойства при $T=975^\circ\text{C}$.

АДСОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОРОШКОВ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ ЛЕГИРОВАННОГО РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПРОШЕДШИХ ГТС.

А.В.Рябина¹, В.Г. Шевченко

*ФГБУН Институт химии твердого тела УрО РАН, ГСП-145.
Екатеринбург, Россия*

Изготовление керметов и керамики на основе Al_2O_3 путем окисления металлического алюминия является одним из перспективных методов для синтеза носителей и катализаторов, сенсорных устройств, фильтрующих элементов. Этим методом удастся получать оксиды алюминия с новой текстурой, механическими и химическими свойствами, которые невозможно получить другими методами.

В основном гидротермальный синтез (ГТС) ведется на порошках алюминия выпускаемых промышленностью. Используя для синтеза порошки сплавов на основе алюминия легированного редкоземельными металлами можно получать материалы с уникальным комплексом свойств, кото-

¹ Рябина Анна Владимировна, к.х.н. E-mail: anna-ryabina@yandex.ru

рые невозможно получить традиционными методами коллоидной химии и порошковой металлургии. На наш взгляд использование порошков сплавов на основе алюминия расширяет возможности ГТС для получения пористых керметов.

Изучена адсорбция азота на поверхности порошков алюминия с малыми добавками лантаноидов до и после гидротермального синтеза в интервале значений относительного давления адсорбата P_a/P_o от 0 до 1. Измерения проведены на Sorptomatic фирмы Carlo Erba при температуре 78К. Процедуры синтеза сплавов, получения порошков и проведения экспериментов были аналогичны описанным ранее [1]. Порошки получали распылением расплава алюминия азотом. Методом газоплазменной переконденсации синтезировали ультрадисперсные порошки.

В наших исследованиях использовались металлы или их соединения повышенной чистоты. Так, например, алюминий содержал не менее 99,9% основного металла, лантан ЛАЭ-0, лантаноиды, согласно прилагаемым сертификатам, были марок ОСЧ, ХЧ. Изотермы адсорбции рассматриваются с позиции соответствия их изотермам по классификации С.Брунауэра, Л.Деминга, У.Деминга и Э.Теллера (БДДТ) [2]. Показано, что форма изотерм адсорбции зависит от типа химической связи в адсорбенте, его кристаллической структуры и агрегатного состояния. Все изотермы в координатах $V_a(P_a/P_o)$ имеют выпуклый вид на отрезке P_a/P_o до 0,3 и вогнутый при P_a/P_o с 0,3 до 1. Все изотермы в координатах $V_a(P_a/P_o)$ плавно растут с увеличением давления. Изотермы относятся ко 2 типу по классификации БДДТ. Все образцы являются непористыми, что подтверждает и вид изотерм.

Адсорбционная способность любого адсорбента определяется в первую очередь его удельной площадью поверхности. Общую удельную поверхность оценивали по уравнению БЭТ [3]. Наибольшая удельная поверхность порошка

прошедшего ГТС относится к составу $\text{Al} - 1,5\%\text{Sc(k)}$ и составляет по нашим расчетам $138\text{ м}^2/\text{г}$. Менее активным в ряду изученных составов оказался состав $\text{Al} - 3\%\text{La(ф)}$ $45\text{ м}^2/\text{г}$. ГТС способствовал значительному увеличению содержания остаточной воды в образцах либо в виде гидроксильных групп, либо в виде молекул воды, адсорбированных на участках поверхности. Состав продуктов ГТС после сушки в вакууме при 200°C 2 часа: оксид алюминия составляет около 10%, в составе преобладает Al(OH)_3 в виде байерита. Прокаливание до 300°C приводит к началу дегидратации и сильному изменению удельной поверхности и фазового состава: $\text{Al(OH)}_3 - \text{AlOOH} - \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 - \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, что хорошо регистрируется рентгенофазовым анализом.

Также в докладе обсуждается проблема фазового состояния изученных наносистем.

Литература

1. Рябина А.В., Кононенко В.И., Ражабов А.А. Расплавы №1, 2009, стр. 36-42. Безэлектродный метод измерения электросопротивления металлов в твердом и жидком состояниях и установка для его реализации.
2. Грег С., Синг К. Адсорбция. Удельная поверхность. Пористость.- пер. с англ. 2-е изд.- М: Мир, 1984–306с.
3. Adsorption of Gases in Multimolecular Layers. Stephen Brunauer, P.H. Emmett, Edward Teller. J. Am. Chem. Soc., 1938, 60 (2), pp 309–319.

Нано- структурированные покрытия

ПОСЛЕДНИЕ ДОСТИЖЕНИЯ И ВЫЗОВЫ НАНО- ФЕМТОФОТОНИКИ ПРИ УПРАВЛЯЕМОМ ЛАЗЕРНОМ СИНТЕЗЕ НАНОКЛАСТЕРНЫХ СТРУКТУР С ЗАДАННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ – КОРРЕЛИРОВАННЫЕ СОСТОЯНИЯ И АНАЛОГИ

С.М.Аракелян, Д.В.Абрамов, А.П.Алоджанц, А.О.Кучерик,
В.Г.Прокошев

ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет
им.А.Г. и Н.Г.Столетовых. Владимир, Россия. e-mail: arak@vlsu.ru

1. В докладе рассматриваются механизмы формирования наноструктурированных покрытий при осаждении частиц из лазерно-индуцированной плазмы; анализируются способы управления морфологическими свойствами формируемых наноструктур и их диагностика современными методами.

Другая группа обсуждаемых вопросов — наноструктури-

рование материалов с включениями наночастиц в основную матрицу вещества и/или на поверхность, которые являются перспективными материалами для использования в различных областях нано- фемтофотоники и наноэлектроники в качестве термоэлектрических элементов, детекторов, источников излучения, элементов памяти, солнечных батарей и т.д. Физико-химические свойства таких наноматериалов зависят от размера включенных наночастиц и их расположения, что позволяет управлять характеристиками этих нанообъектов в заданном направлении.

Не менее важной задачей является управляемое размещение наноразмерных элементов на поверхности (как проводящей, так и диэлектрической) твердой подложки. Существующие методы прецизионного/поатомного переноса вещества технологически сложны и дороги (молекулярно-лучевая эпитаксия, атомная литография, атомно-силовые методы). Более того, они сильно лимитированы при выборе рабочего материала.

В связи с этими методы лазерного управляемого синтеза наноструктурированных поверхностей (тонкие пленки, поверхность твердого тела) являются одними из наиболее быстро развивающихся инструментов современных фотоники и микро- наноэлектроники, позволяющих получать широкий класс наноструктурированных материалов, с требуемой топологией расположения наночастиц благодаря соответствующей траектории движения лазерного пучка по поверхности подложки. Однако, наиболее распространенные методы лазерного осаждения наночастиц (такие как LDMS, LIFT, LCVD и др.) позволяют получать только пленки металлических частиц (в основном меди и золота).

Поэтому реализация новых подходов и методов в задачах по заданному формированию наноструктурированных покрытий при локальном лазерном воздействии является

принципиальной проблемой для разработки новых физических принципов создания современной элементной базы фотоники, наноэлектроники, и оплотехники.

2. Обсуждаются следующие достижения, отвечающие современным вызовам.

Разработка фундаментальных основ синтеза и исследование механизмов управляемого лазерного формирования многокомпонентных кластерных микро- наноструктур, пленок и покрытий на поверхности твердой подложки при лазерном воздействии на различные материалы и коллоидные системы. Реализация динамических процессов самоорганизации при получении наноразмерных объектов в лазерных схемах осаждения /абляции наночастиц/нанокластеров с направленным изменением морфологии и физических свойств синтезируемых структур.

Развитие методов формирования малоразмерных углеродных, полупроводниковых и металлических структур с помощью фемтосекундного лазерного излучения, в т.ч. в среде криогенных жидкостей (для металлов и углерода). Создание периодических 2D-наноструктур высокого качества с изменяемой топологией и исследование влияния размерных эффектов на характеристики подобных систем.

Разработка новых физических принципов создания элементной базы квантовой обработки информации с использованием дисперсионных характеристик связанных состояний среды и оптического поля — поляритонов — в атомных и полупроводниковых системах. Реализация квантовых макроскопических состояний в микро- и наноструктурах кластерного типа с микрорезонаторными свойствами. Рассмотрение перспектив создания материалов/метаматериалов с принципиально новыми функциональными характеристиками при взаимодействии лазерного излучения с такими микро- наносистемами.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОПЛЕНКИ ЭПИЛАМ: ОПТИМИЗАЦИЯ СВОЙСТВ

Вохидов А.С., Мисюряев А.А.

ООО «АВТОСТАНКОПРОМ». г. Санкт-Петербург, Россия.
avtostankoprom@mail.ru

Многофункциональные (в том числе — защитные) нанопленки находят широкое применение в машино-станко-приборостроении, микроэлектронике, в медицине, в научных исследованиях. Достоверность данных идентификации покрытия — гарант качества и надёжности поступающих в работу составов.

Разработка новых методов анализа в указанной сфере нанотехнологии (получение нанопокровтий) имеет большое значение для развития науки и применения ее результатов в различных отраслях народного хозяйства. На стыках междисциплинарных исследований нанообъектов задача о поведении элементов композиций эпилам при воздействии на эпиламы различными видами излучений (ультрафиолетовое, инфракрасного, рентгеновского, лазерного и др.), а также импульсов полей магнитного, электро-магнитного, воздействия колебаний ультразвуковой частоты и т. д. обретаёт особую важность.

После отверждения пленки Эпилам, при соблюдении условий хемосорбции мономолекулярного слоя, проявляют низкую (ограниченно-приглушенную) поверхностную

энергию, при этом определяющими факторами к модифицирующему воздействию ПАВ на поверхность является микрорельеф и чистота поверхности подложки. Практические рекомендации по итогам исследований параметров микрорельефа поверхности подложек могут стать существенным источником информации о модифицирующем воздействии фторактивных ПАВ до нанесения и после нанесения наноразмерных равномерных слоев покрытий. Ряд композиций Эпилам («Эпилам Трибоконцентрат», «Эпилам АКВА», «Эпилам СФК-05» и др. по ТУ 2412-002-13868195-2012) создают на поверхностях молекулярные хемосорбированные самоорганизующиеся слои, — структурно походящие на известные образования с так наз. «частоклом Ленгмюра» (ПЛБ). Исследуя поверхностное натяжение водных растворов органических веществ, Траубе и Дюкло установили для гомологических рядов поверхностно-активных веществ следующее эмпирическое правило: В любом гомологическом ряду при малых концентрациях удлинение углеродной цепи на одну группу CF или CH увеличивает поверхностную активность в $3\div 3.5$ раза. С учетом данного правила разрабатываются новые экобезопасные составы фторактивных ПАВ — композиций «Эпилам» и др.

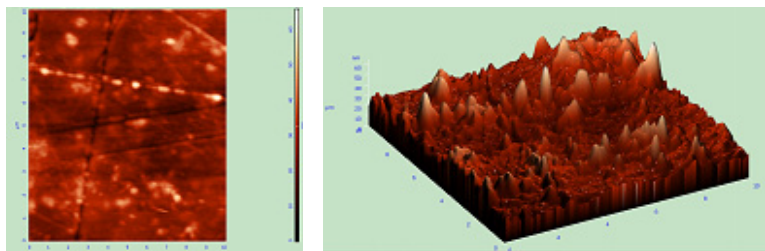
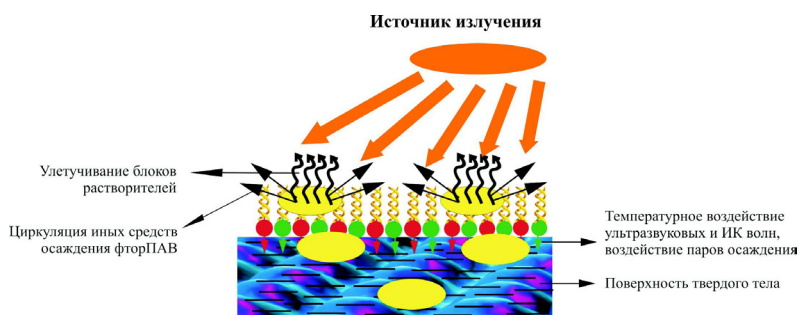


Рис.1. Профилограмма поверхности из стеклокомпозитного токопроводящего материала после осаждения нанопленки Эпилам.

Роль влияния УФ, ИК и др. излучений при активации

композиций Эпилам на степень адсорбции, формирования равномерного монослоя и хемосорбции очень важна. В результате облучения композиций могут наблюдаться большие изменения в фазовом состоянии и физико-механической природе материалов. В большинстве случаев воздействие агрессивных сред происходит при постоянном процессе диффузии частиц среды в поверхность материала.

Рис.2. Хемосорбция молекул фторактивных ПАВ



Эпилам при активации

В этих условиях роль человека сводится к управлению толщиной получаемого слоя — изменением условий нанесения композиций и регулированием концентрации молекул и слоев нанопленок. В современном Центре коллективного пользования (ЦКП) или лабораториях можно снять любые характеристики полученного покрытия и наметить пути для внесения корректировок в состав вещества, в способы его нанесения, в состояние подложки и окружающей среды.

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ ИМПЛАНТИРОВАНИЕМ В НИХ НАНОАЛМАЗОВ ДЕТОНАЦИОННОГО СИНТЕЗА

С.В. Давыдов, А.О. Горленко

*Брянский государственный технический университет.
Брянск, Россия. davidov69@tu-bryansk.ru.*

К перспективным направлениям решения задачи повышения износостойкости поверхностей трения деталей машин относится применение наноалмазов в качестве элементов, упрочняющих (армирующих) поверхностный слой.

Данная технология реализуется на специальном оборудовании комбинированной электромеханической обработкой (ИНЭМО), включающей модификацию поверхностей трения с применением наноалмазов детонационного синтеза и последующим упрочнением обрабатываемой поверхности.

Имплантирование наноалмазов в поверхностный слой при электромеханической обработке производится на определенных режимах в коагулированном состоянии (фракции размером 200...250 нм). На стальную поверхность перед обработкой они наносятся в виде обмазки на основе консистентного графитного смазочного материала. Под действием технологической температуры коагулянты частично графитизируются, дополнительно насыщая поверхностные слои углеродом. Большая часть коагулянтов внедряется в

формируемый поверхностный слой, армируя его.

На следующем этапе выполняется электромеханическое упрочнение обрабатываемой поверхности (ЭМО) на упрочняющих режимах. В процессе высокотемпературного пластического деформирования, под воздействием высоких температур и давлений происходит аустенизация поверхностного слоя стали в зоне контакта. Углерод из обмазки, состоящей из графита и наноалмазов, в твердофазном процессе насыщения диффундирует в поверхностные слои, повышая содержание углерода в аустените и формируя многослойную структуру поверхностных объемов стали.

В процессе упрочнения ЭМО сталь подвергается ускоренному охлаждению с образованием ферритно-перлитной и ферритно-сорбито-трооститной структуры, а на поверхности стали образуется слой спеченного графита с имплантированными наноалмазами.

На поверхности раздела ферритно-сорбито-трооститной структуры стали и слоя спеченного графита, имплантированного наноалмазами, формируется переходный слой, структура которого состоит из металлической матрицы стали, насыщенной имплантированными наноалмазами.

Полученный слой обладает высокими триботехническими характеристиками, так как его основа (спеченный графит) является высокоэффективным антифрикционным материалом, армированным имплантированными наноалмазами и дисперсными частицами карбидов различной природы, в частности цементита.

Микротвердость поверхностного слоя (при обработке среднеуглеродистых сталей) достигает 1000 HV на поверхности. Глубина общего упрочненного слоя — до 1,2 мм. Испытания износостойкости образцов проводились при следующих условиях: скорость скольжения $v = 1$ м/с; нормальное усилие нагружения $N = 100 \pm 0,5$ %, Н (соответству-

ет давлению, рассчитанном по Герцу, порядка 150 МПа); вид первоначального контакта — пластический насыщенный; вид смазки — граничная; вид смазывания — окунанием; ведущий вид изнашивания — усталостное; смазочный материал — масло индустриальное И – 20А ГОСТ 20799 – 88; материал индентора — твердый сплав ВК8.

По результатам триботехнических испытаний установлено, что износостойкость образцов с имплантированным наноалмазами слоем и последующим электромеханическим упрочнением по сравнению с термообработанными образцами повысилась в 3,2 раза, по сравнению с упрочненными ЭМО — в 1,2 раза, по сравнению с обработанными технологией финишного плазменного упрочнения (ФПУ) — в 1,4 раза.

На среднеуглеродистых сталях с помощью методов ЭМО и ИНЭМО можно подготовить требуемое качество поверхности (не уступающее по микротвердости высокоуглеродистым и высоколегированным сталям) перед нанесением высокотвердых нанопокровов, в частности с использованием технологии ФПУ.

Применение данной технологии возможно на машиностроительных предприятиях в качестве высокоэффективного способа обеспечения и повышения эксплуатационных показателей деталей машин на стадии их изготовления.

НАУЧНЫЕ ОТКРЫТИЯ В ОБЛАСТИ МИКРО- И НАНОТРИБОЛОГИИ. ПРИЛОЖЕНИЯ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

Г.С. Ивасышин

*Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Псковский государ-
ственный университет. Псков, Россия. genrih.ivasyshin@yandex.ru*

«...Существует оценка, что 30 % валового национального продукта США зависит от приложений квантовой механики в той или иной форме. Неплохо для теории, которую никто не понимает. Подумайте о потенциальных возможностях роста и повышения качества жизни (или неизбежного повышения качества смерти при развитии квантовых вооружений), которые могут быть выявлены, если мы вдруг поймём её!..».

Питер Эткинз. Десять великих идей науки. Как устроен наш мир / Питер Эткинз; пер. с англ. В. Герцика. — М.: АСТ: Астрель, 2008. — 384 с.

Законы квантовой механики составляют фундамент изучения строения вещества. Физико-механические свойства наноматериалов определяются законами квантовой механики.

П. Эткинз считает: «...Определенно верно, что макро-

скопические объекты в очень хорошем приближении ведут себя в соответствии с классической физикой: но мы знаем, что это положение является просто проявлением квантовой механики в приложении к большому числу атомов...».

Представляется возможным заключить, что «...проявлением квантовой механики к большому числу атомов...» является взаимодействие элементов пар трения макроскопических объектов — макротрибосистем (машин, роботов, спутников, приборов, компьютеров, инструментов и т. д.).

Имея в виду то, что любая микротрибосистема (машина, микроробот, микроспутник, микроприбор, микрокомпьютер, микроинструмент и т. д.) «...состоит из триллионов атомов и её полная волновая функция является очень сложным комплексом функций, определяющих положения всех этих атомов...» (П. Эткинз), представляется возможным также заключить, что **микротрибосистема действует на основе квантомеханических принципов.**

В соответствии с термомеханическим критерием **минимум производства энтропии** соответствует состоянию структуры поверхностных слоёв, приспособленных таким образом, что материал предельно сопротивляется разрушению (**проф. Н.А. Буше**).

Имея в виду то, что до 85 % выхода из строя машин при их эксплуатации происходит в результате контактных разрушений и износа сопряженных поверхностей, представляется возможным заключить, потеря работоспособности машин связана с максимумом производства энтропии в зонах контакта пар трения механизмов.

Потеря работоспособности машины связана с возникновением наибольшего беспорядка и хаоса в сопряжениях, поскольку **энтропия — мера беспорядка и хаоса.**

Создание и использование наноматериалов с гелиевым изнашиванием на основе научных открытий (Диплом № 258, Ди-

плом № 277, Диплом № 289, Диплом № 302), теории нейтринной нанотрибологии даст возможность управлять энтропией, трением, холодным ядерным синтезом, а также повысить работоспособность машин и механизмов.

Качественная теория холодного ядерного синтеза, базирующаяся на микро- и нанотрибологических моделях — научных открытиях (Диплом № 258, Диплом № 277, Диплом № 289, Диплом № 302) имеет принципиальное значение, как для фундаментальной науки, так и практического использования.

Нейтринная диагностика даст возможность детектировать изменение свойств материала во времени; метод нейтринной диагностики может быть использован, в частности, для определения износа (по мере изнашивания спектр нейтринного излучения меняется, информируя о степени износа сопряжений).

Нейтрино в силу своей специфической природы является уникальным зондом для исследования свойств, закономерностей, явлений, связанных с взаимодействием микро- и наночастиц.

Знание нейтринной нанотрибологии приводит к более глубокому пониманию явлений, свойств, законов трибологии, к раскрытию внутренних связей адгезии и когезии, а также даёт возможность получать материалы с заданными свойствами, например, наноматериалы с гелиевым изнашиванием, и способствует управлению трением.

В докладе, в частности, рассматриваются математические и трибофизические модели на основе повышения точности измерения физико-механических характеристик твёрдого тела — коэффициента Пуассона ν , модуля упругости E , модуля сдвига G , динамической твёрдости H , относительной износостойкости ϵ .

Создание конкурентоспособных технологий (приложе-

ний квантовой механики — феноменологической квантовой теории трения, сверхпластичности и сверх-проводимости) в области водородной энергетики, криогенной и космической техники, создание микроэлектромеханических и наноэлектромеханических систем — миниатюрных телероботов, микроспутников, микроприборов, нанокомпьютеров, микросенсорных устройств, микрозеркал, микрооптоэлектронных приборов, микрорефрижераторов, химических и биохимических микрореакторов на основе научных открытий (Диплом № 258, Диплом № 277, Диплом № 289, Диплом № 302, Диплом № 392, Диплом № 404), а также оригинальных технических решений, базирующихся на научных открытиях, даст возможность сформировать определенный научно-технический потенциал в области микро- и нанотехнологий, адекватный современным вызовом мирового технологического развития.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ В КАЧЕСТВЕ ТЕМПЛАТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ НИКЕЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ

М.Т. Тодаева, Е.В. Юртов

*Российский химико-технологический университет имени Д.И.
Менделеева. Москва, Россия.
todaeva89@gmail.com, nanomaterial@mail.ru*

Одним из наиболее эффективных и простых способов получения наноструктурированных покрытий с высокой удельной поверхностью является электроосаждение с ис-

пользованием темплатов. Нами предлагается использовать в качестве темплата для электроосаждения жидкие кристаллы, поскольку они являются мягкими темплатами. В качестве ПАВ для получения жидкокристаллического темплата был использован тритон X-100. В качестве активного электрода был предложен оксид никеля [1].

Первым шагом при проведении исследования было получение гексагональных жидкокристаллических образцов темплатов. Жидкие кристаллы были получены при смешивании масляной фазы, содержащей тритон X-100, и водной фазы, в качестве которой был выбран водный раствор сульфата никеля, нитрата никеля, хлорида натрия и борной кислоты. Все полученные образцы темплатов были исследованы с помощью ПОМ. По полученным изображениям были сделаны выводы о наличии жидкокристаллической фазы в образцах [2].

Экспериментальные данные РФА осажденных покрытий полностью соответствуют модельной дифрактограмме для никеля.

Для более детального исследования морфологии осажденных никелевых покрытий применялась СЭМ. Согласно рис. 1 (а, б) полученное никелевое покрытие является наноструктурированным, причем средний размер частиц составляет 11 нм для состава № 1.

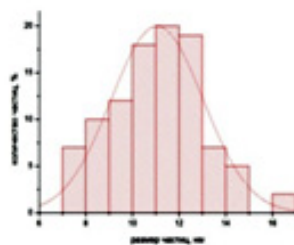
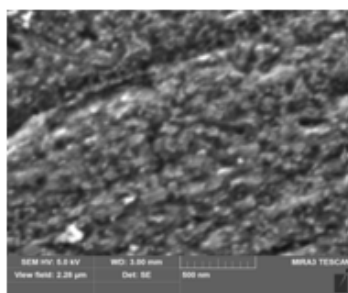


Рис. 1. а) СЭМ изображения никелевого покрытия,
б) распределение частиц по размерам.

Основной целью данной работы было получение наноструктурированных никелевых покрытий. Для исследования и контроля структуры поверхности использовался метод АСМ.

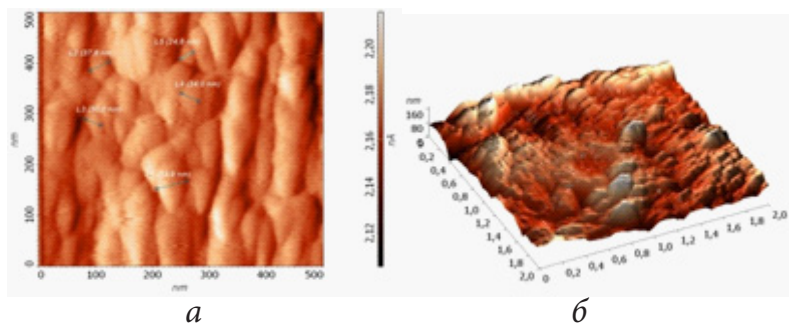


Рис. 2. 2D изображение (а) и 3D визуализация рельефа (б) поверхности осажденного из жидкого кристалла состава №1 никелевого покрытия.

На этих изображениях можно увидеть, что рельеф поверхности не превышает высоты в 160 нм для покрытия, осажденного из жидкого кристалла состава № 1, а при более детальном рассмотрении двухмерных изображений можно наблюдать, что более крупные образования состоят из мелких частиц.

Таким образом, было показано, что гексагональные жидкие кристаллы на основе тритон Х-100 могут быть применены в качестве «мягкого» темплата для электроосаждения наноструктурированных покрытий.

Библиографические ссылки

1. Ganesh, V, Lakshminarayanan V. Preparation of high surface area nickel electrodeposit using a liquid crystal template technique // *Electrochimica Acta*. – 2004. vol.49. - pp. 3561–3572;
2. Юртов Е.В., Матвеева А.Г., Тодаева М.Т., Серцова А.А. Использование гексагонального жидкого кристалла в качестве темплата для получения наноструктурированных никелевых покрытий // *Химическая Технология*. – 2012. - № 1. – С. 24-29.

Нанотехнологии в микроэлектронике и приборостроении

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ НАНОЧИПА ГРАФЕНА С ПОДЛОЖКОЙ МОЛИБДЕНА МЕТОДОМ НЕЛОКАЛЬНОГО ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ ВАН-ДЕР-ВААЛЬСА

С.А. Безносюк, Е.В. Винокурова

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет». Барнаул, Россия. *bsa1953@mail.ru, casy1984@gmail.com*

К одному из перспективных направлений исследований графена относятся разработки наноэлектромеханических систем (НЭМС). Требованиями к материалу НЭМС сенсоров являются высокая молекулярная чувствительность, механическая прочность и электрическая проводимость. Двухмерность графена позволяет фиксировать воздействие адсорбированных молекул на все его атомы, что обеспечивает полное использование эффективной поверхности датчика. Он имеет низкий уровень шума из-за характера кристал-

лической решетки и, соответственно, характера движения носителей заряда. В реализации НЭМС важным является учёт влияния контактирующих элементов на структуру графенового листа. Одним из параметров является характер и прочность связи графена с подложкой. С целью использования высокопрочного переходного металла Мо для подложки графеновых наноллистов в НЭМС представляет интерес исследовать характеристики контактов графена с плотноупакованными гранями этого металла. Расчёты таких контактов в случае кобальта и никеля были ранее выполнены в работе [1]. Расчёты для контактов графена с гранями молибдена отсутствуют. В данной статье изложены результаты расчёта методом функционала плотности Ван-дер-Ваальса прочности связи графена с подложками молибдена.

При расчете энергетических и геометрических параметров взаимодействия металла подложки Мо со слоем графена G нами была использована модель, в которой подложка молибдена представляет собой монокристаллическую грань (111). Данная модель была использована нами ранее в расчетах по методу Дирака-Хартри-Фока [2]. Расчет гетероструктуры плёночного наночипа G-Мо проведён методом функционала плотности Ван-дер-Ваальса (VdW-DF), который ранее был разработан и применен для изучения характеристик связи графен-металл [3]. В этом функционале учитываются нелокальные дисперсионные взаимодействия, в частности силы Ван-дер-Ваальса, которые являются значимыми в графеновых наносистемах. В качестве объекта исследования нами выбрана система, состоящая из 38 атомов молибдена и 54 атомов углерода. Рассогласование геометрических параметров углеродной сетки и поверхности металла составляет не более 2%. Стоит заметить, что изменение числа участвующих в расчетах атомов не влияют на величину полученных результатов. По координатам атомов системы

проводится оптимизация по алгоритму Полака–Рибьера, обладающего высокой скоростью сходимости. После оптимизации полученные координаты фиксировались на сетке для дальнейших расчетов.

Расчеты в рамках метода нелокального функционала плотности Ван-дер-Ваальса показывают, что энергетические и геометрические параметры наносистем «графен-металл» существенно зависят от электронной структуры подложки. Расчёт показал, что связи графена с подложкой молибдена существенно отличается от связи с подложками кобальта и никеля [1]. Связь графена с подложкой никеля и кобальта утрачивается на расстояниях свыше $4.9 \text{ \AA}$, а для молибдена в области $4.9 \text{ \AA}$ обнаруживается прохождение через барьер и реализация второго минимума с энергией связи — 0.02 эВ на расстоянии $5,3 \text{ \AA}$.

Таким образом, в приложении к сенсорным системам полученные данные говорят о возможности применения подложек молибдена для проектирования сенсоров, так как эти подложки обеспечивают фиксацию плоскости листа графена на значительном равновесном расстоянии от поверхности металла силами Ван-дер-Ваальса. Это уменьшает влияние электронной и ядерной подсистемы металла подложки на электронную структуру графена и на колебания его ядер.

Литература

1. Винокурова Е.В., Жуковский М.С., Безносюк С.А. Моделирование свойств графена методом функционала плотности Ван-дер-Ваальса для использования в НЭМС устройствах // Известия АлтГУ. 2013. №1/2 (77) С 146-150.
2. Винокурова Е.В., Жуковский М.С., Безносюк С.А. Интеркаляция атомов металлов подгруппы меди под монослой графена на подложках никеля и алюминия // Известия АлтГУ. 2009. №3 (63). С. 69-73.
3. Vanin M., Mortensen J. J., Kelkkanen A. K. Graphene on metals: A van der Waals density functional study // Physical review. 2010. B 81. 081408.

НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО РОССИИ И РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.А. Быков

*ФГУП НИИ Физических проблем им. Ф.В. Лукина,
Группа предприятий НТ-МДТ. Зеленоград.
ФФКЭ МФТИ, кафедра микро и наноэлектроники,
Исследовательский университет НИЯУ МИФИ. Москва. Россия.
vbykov@ntmdt.ru*

Нанотехнологическое общество России, созданное в 2008 году, в настоящее время объединяет вокруг себя, формально, около 1200 членов и, практически все регионы России. Активность и влияние НОР не велика, хотя и не равна тождественно нулю. Ежемесячно при поддержке РАСН (Российская Ассоциация Содействию Науки) проводятся семинары НОР, благодаря финансовой поддержке НТ-МДТ и активности Валерия Гумарова, на постоянной и систематической основе ведется САЙТ Общества — www.rusnor.org, ежегодно проводятся конференции Общества и поддерживаются ряд тематических конференций.

Нельзя сказать, что НОР неразличимая на фоне шумов организация. Показателями тому является желание Нобелевского лауреата по химии 2011 года, профессора Даниэля Шехмана, стать почетным членом нашего Общества, востребованность НОР в некоторых регионах (Татария, Алтай), университетах (НИЯУ МИФИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана,

МФТИ, Алтайский Государственный университет, Южный Федеральный Университет, Факультет наук о материалах МГУ), компаниях и фондах (Фонд инфраструктурных программ РОСНАНО, НТ-МДТ), активность членов НОР в подготовке выступлений на семинарах Общества.

Тем не менее собираемость взносов остается на уровне 10%, что показывает общее отношение к НОР со стороны его членов, как к малосущественной для их жизни организации. Этим же показателем отличается и посещаемость ежемесячных семинаров НОР, в которых регулярно участвуют 15÷20 специалистов.

В чем причины существующего положения? Основной причиной системного характера является относительная неразвитость высокотехнологичного бизнеса в стране, которая влечет за собой не востребованность науки и значительное падение спроса на техническое образование.

Почему так слаб и фактически не растет бизнес высокотехнологичной продукции? Основная причина, как мне представляется, состоит в том, что в промышленной политике доминирует курс на сырьевую составляющую и в приоритетах развитие бизнеса высоких технологий только декларируется.

В чем это проявляется:

- Российский рынок не защищается от экспорта продукции внешних конкурентов, которая производится или практически готова для выхода на внутренний рынок;
- Отсутствует экономическая поддержка экспортеров;
- Высокая процентная ставка кредитования в банках, что диктуется политикой ЦБ — высокой ставкой рефинансирования;
- Серьезные таможенные барьеры для ввоза комплектующих, не производящихся в России, что ведет к повышению себестоимости продукции и затрудняет возможную коопе-

рацию отечественных компаний в мировую систему товаро-производства;

- Таможенные ограничения для экспорта и сервиса продукции;

- Высокая цена рабочей силы при падении ее качества;

- Слабая предсказуемость инвестиционной политики министерств, диктуемой политикой министерства финансов.

В каких местах наблюдается рост и почему: существенно улучшилось состояние компаний, продукция которых ориентирована на министерство обороны, что связано с изменением позиции МО по отношению к отечественному производителю, что еще раз подтверждает исключительную важность для развития бизнеса Государственной политики.

Тем не менее, существуют и развиваются, хотя и не столь сильно, как было бы возможно высокотехнологичные компании в России, одним из примеров которых являются компании приборостроительного сектора, такие, как группа компаний НТ-МДТ (Зеленоград, Москва), ИНТЕРЛАБ (ХИМКИ, Московская область), СИМЕКС (Новосибирск), СЕМИТЕК, НТЦ Прикладных Нанотехнологий (Ст. Петербург). Последние достижения некоторых из них будут представлены в докладе.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ В СЗФО ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОБЛАСТЯМ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

А.Г. Грабарь¹, М.А. Латышев

Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области». Санкт-Петербург, Россия.

В рамках ФЦП «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008—2012 годы» по линии Росстандарта был создан Центр метрологического обеспечения и оценки соответствия нанотехнологий и продукции наноиндустрии», содержащий 8 региональных отделений. В составе этого Центра было и наше региональное отделение, охватывающее Северо-Западный федеральный округ (СЗФО). С 2009 года мы осуществляем мониторинг ситуации в регионе.

СЗФО включает территории, высокоразвитые в промышленном отношении и имеющие значительный научно-технический потенциал.

На территории СЗФО расположено более 140 различных предприятий, организаций и учреждений, в той или иной степени работающие в области проведения различных ис-

¹ Грабарь Анатолий Григорьевич, руководитель Регионального отделения центра метрологического обеспечения и оценки соответствия нанотехнологий и продукции наноиндустрии в СЗФО E-mail: nano@rustest.spb.ru

следований, разработок, развития производства продукции нанотехнологий. В Северо-Западном регионе развиваются практически все направления нанотехнологий. Имеется целый ряд промышленных разработок уже перешедший в серийный выпуск продукции.

Еще в 2009 году на организованном нами совещании представителей нанотехнологических организаций Санкт-Петербурга были сформулированы проблемы, решение которых предприятия нанотехнологической сети надеются с помощью структур Росстандарта.

Что же изменилось за прошедшие почти пять лет?

На самом деле проблемы в области обеспечения единства измерений в nanoиндустрии не ослабли.

Рассмотрим такой аспект как поверка и калибровка средств измерения. В рамках ФЦП «Развитие инфраструктуры nanoиндустрии в Российской Федерации на 2008—2012 годы», программ РФФИ приобретено значительное количество уникального оборудования, применяемого в сфере нанотехнологий (в дальнейшем я буду использовать термин «нанотехнологическое оборудование») ведущих производителей мирового уровня. При этом подавляющее большинство из этого оборудования как средства измерения в России не аттестовано. Средства для этого не были запланированы и научным организациям взять их негде.

Следующий аспект – разработка методик измерений. По данным Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений регионе разработано всего 42 методики измерений в области нанотехнологий. Это очень мало, менее одной методики на три предприятия в регионе.

Отсутствие до настоящего времени «Единого перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования», как требует Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» также оказывает негативное влияние

на деятельность предприятий ННС региона в области обеспечения единства измерений.

Одним из важных аспектов деятельности, о котором следует упомянуть — разработка национальных стандартов. С Советский период использование стандартов было обязательным, соответственно, у промышленности был значительный стимул в их разработке. В настоящее время, применение национальных стандартов стало носить добровольный характер. Это, а также ряд финансово-экономических причин привело к значительному снижению интенсивности этой деятельности. Следует отметить, и сейчас имеются экономические преимущества стандартизации для организаций и предприятий.

Это экономия за счет роста производства; снижение транзакционных издержек; снижение экономических рисков от инновационной деятельности; снижение затрат фирм на стадии продаж и ряд других.

В настоящее время действует «Программа стандартизации в наноиндустрии на 2010 — 2014 годы», которая предусматривает разработку 322 проектов национальных стандартов.

В заключении хочется отметить, что высказанные проблемы не обусловлены спецификой региона. С большой уверенностью можно утверждать, что это проблемы любого региона и, соответственно, проблемы, актуальные для всей нашей страны.

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ БАРЬЕРНЫХ ОКСИДНЫХ НАНОПЛЕНOK Al_2O_3 НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОКАНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

О.В. Гудиева, В.Н. Гринюк, В.А. Созаев

ФГБОУ ВПО Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ). Владикавказ, Россия. sozaeff@mail.ru

В настоящей работе уточняется теория рождения истинно вторичных электронов в оксидной структуре Al_2O_3 и определяется их доля вклада в разрешающую способность электронного изображения в ЭОП — устройстве с барьерной пленкой Al_2O_3 , наносимой на входную поверхность микроканального элемента устройства.

Показана возможность повышения разрешающего параметра изображения в ЭОП — устройствах за счет изменения энергии входных электронов в барьерную структуру устройства до значения $E_0 \approx 40$ кэВ. В этой области энергий решающую роль могут играть процессы размножения электронов с возникновением дополнительных истинно вторичных электронов, вклад которых в изменение разрешающей способности электронного изображения реально возможен.

При прохождении электронного потока через барьерную структуру на входе микроканального элемента ЭОП — устройства возможны три механизма изменения электронного потока, обусловленные следующими процессами:

1. Выходом из микроканальной пластины (МКП) упрuto

рассеянных входящих потоков носителей тока с некоторой энергией $E = E_0$.

2. Выходом неупруго рассеянных входных носителей тока с энергией $E < E_0$.

3. Выходом истинно вторичных носителей тока, рожденных при столкновении входных носителей в структуру барьерной пленки с энергией $E \leq 50 \text{ эВ}$.

На основе зависимости относительного размытия энергии электронов от толщины структуры и исходной энергии сделан вывод об уменьшении параметра разрешения $\Delta \bar{R}_i$ с уменьшением толщины структуры (от 200 до 40 нм) и исходной энергии при росте коэффициента размножения электронов $\beta_i = 1.1 \div 2.0$.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЛНОВОДОВ-РЕЗОНАТОРОВ ДЛЯ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНЦНОГО АНАЛИЗА МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ПОЛНОГО ВНЕШНЕГО ОТРАЖЕНИЯ

В.К. Егоров, Е.В. Егоров

*Институт проблем технологии и микроэлектроники и особо-
чистых материалов ИПТМ РАН. Черноголовка, Московская обл.,
Россия. egorov@iptm.ru*

Рентгенофлуоресцентный анализ материалов в условиях полного внешнего отражения (РФА ПВО) возбуждающего рентгеновского излучения представляет собой одну из разновидностей РФА спектрометрии. Ее выделение в самостоятельный раздел аналитической диагностики [1]

связано с рядом особенностей явления ПВО потока рентгеновских лучей на материальном интерфейсе. В условиях ПВО глубина проникновения возбуждающего излучения в материал составляет $3\div 5$ нм. Поэтому фиксируемый в этих условиях выход вторичной рентгеновской флуоресценции характеризует элементный состав поверхностного слоя тестируемого материала указанной толщины, что уникально для количественной неразрушающей нанодиагностики. Результатом возбуждения столь тонкого поверхностного слоя является резкое снижение фоновой составляющей в фиксируемых спектрах рентгеновской флуоресценции, а также факт отсутствия взаимного влияния рентгенофлуоресценции атомов, составляющих поверхностный слой мишени. Т.е. в сравнении со спектрами РФА, полученными в стандартных условиях, РФА ПВО спектры, зарегистрированные при тех же самых режимах работы источника возбуждения, демонстрируют снижение фона более чем на два порядка и не требуют поправки на матричные эффекты. Более того, РФА ПВО спектрометрия предоставляет линейную связь между интенсивностью характеристических линий спектра и содержанием элемента в возбуждаемом слое. В то же время РФА ПВО спектрометрия предъявляет определенные требования к поверхности изучаемого объекта (оптическая полировка) и параметрам потока возбуждения. Последний должен иметь нитевидную форму минимальной ширины и малую угловую расходимость. Именно такие пучки формируются новым рентгенооптическим устройством — плоским рентгеновским волноводом-резонатором (ПРВР) [2].

В отличие от систем формирования потока возбуждения, обычно применяемых в РФА ПВО спектрометрии, волноводно-резонансные структуры формируют наноразмерные нитевидные потоки рентгеновского излучения с существенно повышенной радиационной плотностью. Вклю-

чение в состав РФА ПВО спектрометров формирователей возбуждающего потока на базе ПРВР снижает пределы обнаружения примесей более чем на порядок. Однако для волноводов-резонаторов простых конструкций повышение эффективности РФА ПВО спектрометрии имеет место лишь в случае минимального расстояния между выходом формирователя потока возбуждения и изучаемым объектом в виду заметной расходимости формируемого потока [3]. На основании проведенных в последнее время исследований удалось построить ПРВР сложной конструкции, позволивший повысить эффективность рентгенофлуоресцентного анализа при полном внешнем отражении. Конструкция выполнена на основе идеи составного волновода-резонатора [4]. Ее применение почти на порядок повысило чувствительность РФА ПВО измерений в сравнении с использованием ПРВР простейшей конструкции и более чем на 2 порядка — в сравнении с измерениями, выполняемыми в условиях применения стандартных методов формирования потоков возбуждения вторичной рентгенофлуоресценции [5]. Детально обсуждаются особенности разработанной конструкции.

Литература

1. R. Klockenkamper, Total reflection X-ray fluorescence analysis. New York: Wiley, 1997. 245 p.
2. V.K. Egorov, E.V. Egorov, Planar X-ray waveguide-resonator features // Trends in Appl. Spectroscopy, v8, 2010, p. 67-83.
3. V.K. Egorov, E.V. Egorov, Peculiarities of the planar X-ray waveguide-resonator application for TXRF spectrometry (Review) // Advances in X-ray chem. anal. Japan, v44, 2013, pp. 21-40.
4. V.K. Egorov, E.V. Egorov, Composite X-ray waveguide-resonator as a background for the new generation of the material testing equipment for films on Si substrate // Mat. Res. Soc. Symp. Proc, v716, 2002, p. 189-196.
5. E.V. Egorov, V.K. Egorov, M.S. Afanashev, About possible profit from application of the composite X-ray waveguide-resonator for TXRF analysis // Report P89 on 15 International Conference on TXRF and Related methods, Osaka 2013, Book of Abstract, p. 175.

ИНФРАКРАСНЫЕ СВЕТОВОДЫ НА ОСНОВЕ НАНОДЕФЕКТНЫХ КРИСТАЛЛОВ ДЛЯ ИК-ФУРЬЕ СПЕКТРОСКОПИИ

Л.В. Жукова, А.С. Корсаков, Д.В. Врублевский, А.Я. Гулько,
Д.Я. Гулько

*УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Екате-
ринбург, Россия. l.v.zhukova@ustu.ru*

Среди исследуемых ныне кристаллов, используемых в среднем инфракрасном диапазоне, наибольшую известность имеют кристаллы на основе галогенидов серебра и таллия. Первые представляют собой в основном систему AgCl-AgBr и являются единственными нетоксичными поликристаллическими световодами для диапазона $2,0\div 30,0$ мкм, нашедшими свое применение в ИК-спектроскопии, лазерной медицине, лазерной резке, сварке и т.д. Однако их применение сдерживается светочувствительностью, которая напрямую влияет на ухудшение их оптических свойств, а также диффузией на границе раздела сердцевина-оболочка при изготовлении двухслойных световодов. Вторая система, в частности представленная кристаллами системы TlBr-TlI (КРС-5), характеризуется высокой спайностью и рекристаллизацией зерен, т.е. при получении из этих кристаллов световодов и при их использовании наблюдается крупнозернистая микроструктура, сильно рассеивающая свет, что не дает возможности использовать их в волоконной оптике, несмотря на широкий спектральный. В связи с этим, для работы в диапазоне $2,0\div 40,0$ нашим коллективом разрабатываются ИК-световоды на основе новых кристаллов твердых

растворов замещения AgBr-TII и AgBr-(KPC-5). Исследования этих систем приведены в работах [1,2].

Световоды на основе указанных систем обладают как пониженными оптическими потерями на длине волны 10,6 мкм и повышенной фотостойкостью, так и отсутствием спайности и укрупнения зерен при экструзии и эксплуатации. Подобными улучшенными оптическими и механическими свойствами волокна на основе этих систем обязаны нанокристаллической структуре, исследованной нами с помощью РЭМ. В целом, кристаллы на основе твердых растворов принято считать дефектными [3] вследствие обладания ими нескольких типов дефектов — нуль-, одно- и двухмерных, которые задают основные эксплуатационные свойства, в нашем случае — оптические и механические свойства. В работе [4] подробно описан механизм трехмерного искажения кристаллической решетки AgBr при легировании его иодидом одновалентного таллия, что ведет к получению наноразмерных дефектов, которые, в свою очередь, замедляют процесс диффузии на границе сердцевина-оболочка [5], а затем и способствуют появлению наноразмерных зерен в процессе уплотнения структуры ИК-световодов при их экструзии. Уплотнение структуры световода позволяет добиться высокой прочности и гибкости материала, а также расширения спектрального диапазона пропускания до 40 мкм и понижения оптических потерь до 0,1 дБ/м. Это послужило основанием для создания нами рабочих образцов оптоволоконных зондов для контроля состава жидких и твердых материалов посредством ИК-Фурье спектроскопии. Рабочим телом зонда, а также его чувствительным элементом, реализующим принцип НПВО, являются ИК-световоды на основе нанодефектных кристаллов твердых растворов галогенидов серебра и одновалентного таллия. Проведен контроль химического состава сред «ацетон-этиловый спирт»

и «трикарбонил(1-4-η-циклотетраен)железо — этиловый спирт» с применением одинарной и двойной петли в качестве чувствительного НПВО-элемента. Результаты представлены на рис. 1.

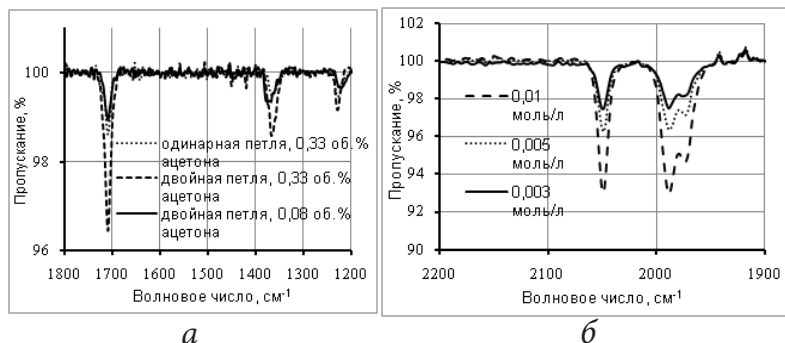


Рис. 1. Спектры поглощения исследованных систем: (а) — «ацетон-этанол» для одинарной и двойной петли; (б) — «трикарбонил(1-4-η-циклотетраен)железо — этанол» для двойной петли

Литература

1. A. Korsakov, L. Zhukova, E. Korsakova, E. Zharikov. Structure modeling and growing AgClxBr1-x, Ag1-xTlxBr1-xIx, and Ag1-xTlxClxIzBr1-y-z crystals for infrared fiber optics. Journal of Crystal Growth. 2014. Vol. 386. P. 94-99.
2. Korsakov A., Chazov A., Zhukova L., et. al. AgBr-TII, AgBr-KRS-5 photonic crystals and fibers based on them for Middle and Far infrared. Advanced Photonics Congress, Nonlinear Photonics Conference, OSA Technical Digest (online), Specialty Optical Fibers (SOF) 2012, paper: SM2E.3, 17-21 June 2012, Colorado Springs, Colorado, USA.
3. Ковтуненко П.В. Физическая химия твердого тела. Кристаллы с дефектами: Учеб. Для хим.-технол. спец. Вузов. – М.: Высш. шк., 1993. – 352 с.
4. Жукова Л.В., Корсаков А.С., Чазов А.И. и др. Моделирование и выращивание новых нанодофектных ИК-кристаллов на основе твердых растворов галогенидов серебра. Международный оптический конгресс «Оптика XXI век»: 9-ая Международная конференция «Прикладная оптика -2010». В 2-х Т. СПб: изд-во ГУАП, 2010. Т.2. «Оптические материалы и технологии». С. 99-104.
5. L. Zhukova, A. Korsakov, A. Chazov, D. Vrublevsky, V. Zhukov. Photonic crystalline IR fibers for the spectral range of 2-40 μm. Applied Optics. 2012. Vol.51. No.13. P. 2414-2418.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОД, ВЫТЕКАЮЩИХ ИЗ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ИК-СВЕТОВОДОВ

А.В. Жукова, А.С. Корсаков, А.Д. Бревнова, А.С. Исаев,
В.В. Жуков

УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Екате-
ринбург, Россия. *l.v.zhukova@ustu.ru*

Для подтверждения одномодового режима работы нанокристаллических инфракрасных световодов на основе кристаллов твердых растворов галогенидов серебра и одновалентного таллия [1] были произведены исследования выходящих из торца световода мод в дальнем поле. Исследования проводили на оптическом стенде с использованием CO_2 -лазера (34 Вт) и КРТ — детектора. Фокусировку осуществляли линзой ZnSe с фокусным расстоянием 63,5 мм (рис. 1). Данный стенд позволяет определить профиль вытекающего из световода излучения, распределение интенсивности в дальнем поле, а также оптические потери на длине волны 10,6 мкм.

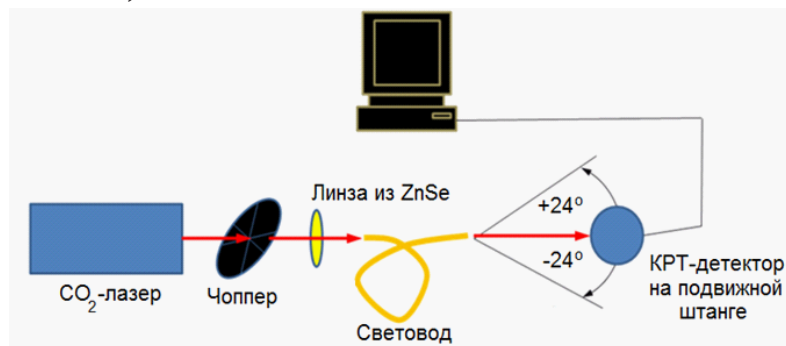


Рис. 1. Схема сканирования излучения
ИК – световода в дальнем поле

Результаты сканирования в дальнем поле и соответствующих измерений представлены на рис. 2, из которого видно, что все три исследованных образца характеризуются одно-модовым режимом работы.

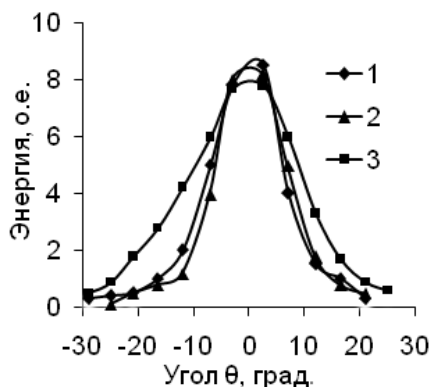


Рис. 2. Нормальное распределение энергии в дальнем поле моды для трех образцов ИК-световодов

Первый тип одномодового ИК-световода для работы на длине волны 10,6 мкм был изготовлен на основе твердых растворов $\text{AgCl}_x\text{Br}_{1-x}$. Сердцевина световода имеет состав точки минимума на диаграмме плавкости системы AgCl - AgBr , т.е. $\text{AgCl}=20$ мас. %, $\text{AgBr}=80$ мас. %. Оболочка выполнена из кристаллов состава $\text{AgCl}=26$ мас. %, $\text{AgBr}=74$ мас. % (рис.2, пример1). Диаметр сердцевины составляет 27,4 мкм. Второй тип одномодового ИК — световода был изготовлен из кристаллов состава $\text{Ag}_{0,98}\text{Tl}_{0,02}\text{Cl}_{0,20}\text{Br}_{0,77}\text{I}_{0,03}$ (сердцевина) и $\text{AgCl}_{0,25}\text{Br}_{0,75}$ (оболочка) (рис.2, пример2). Третий образец представляет собой световод, в котором расположены в гексагональном порядке шесть вставок [2]. Расстояние между осью световода и осью вставки составляет 75 мкм, диаметр вставки 50 мкм. Состав оболочки — $\text{Ag}_{0,95}\text{Tl}_{0,05}\text{Cl}_{0,22}\text{Br}_{0,73}\text{I}_{0,05}$, состав вставок — $\text{Ag}_{0,99}\text{Tl}_{0,01}\text{Cl}_{0,25}\text{Br}_{0,74}\text{I}_{0,01}$ (рис.3, пример3). Рабочая длина волны 10,6 мкм. Образец №3 работает в одно-

модовом режиме. Диаметр поля моды составляет 100 мкм, что более чем в 3 раза превышает диаметры первого и второго образцов. Таким образом, по волокну с увеличенным полем моды можно передавать в четыре раза больше мощности излучения, чем по одномодовому двухслойному волокну с диаметром сердцевины 27 мкм. На рис. 3 приведены изображения распределение энергии излучения на выходе из многомодового и одномодового ИК-световодов, полученные с помощью CCD-камеры SPIRICON.

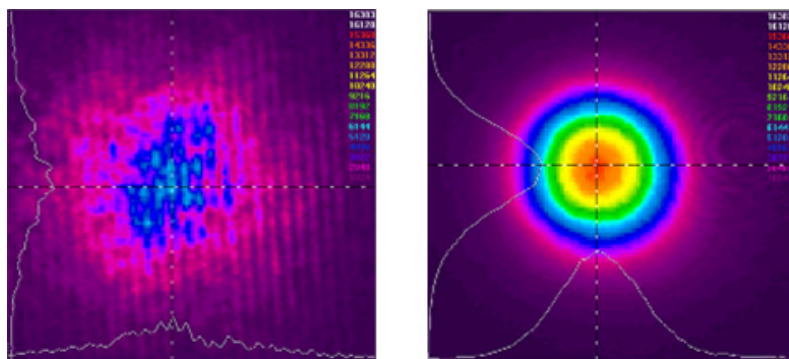


Рис. 3. Распределение энергии излучения на расстоянии 15 мм от выходного торца многомодового (а) и 38 мм от выходного торца одномодового (б) ИК-световодов

Литература

1. Chazov A., Korsakov A., Vrublevsky D., Zhukova L.V., Korsakov V., Zhukov V., Kortov S. «Modeling and experimental research of nano- and microstructurized IR fibers (2-40 μm) based on defective crystals». Advanced Photonics Congress, Nonlinear Photonics Conference, OSA Technical Digest (online), Specialty Optical Fibers (SOF) 2012, paper: STu3F3, 17-21 June 2012, Colorado Springs, Colorado, USA.
2. L. Zhukova, A. Korsakov, A. Chazov, D. Vrublevsky, V. Zhukov. «Photonic crystalline IR fibers for the spectral range of 2-40 μm ». Applied Optics. 2012. Vol.51. No.13. P. 2414-2418.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАНАРНОГО СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ТРАНСФОРМАТОРА МАГНИТНОГО ПОТОКА

А.П. Ичкитидзе, А.Н. Миронюк

*Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,
каф. БМС, МИЭТ. Зеленоград, Москва, Россия. leo852@inbox.ru*

Рассматривается конструкция датчика магнитного поля (ДМП), состоящего из сверхпроводящего пленочного трансформатора магнитного потока (ТМП) и магниточувствительного элемента (МЧЭ) в виде гранулированной сверхпроводящей пленки (Джозефсоновская среда). При этом МЧЭ располагается между активными полосами ТМП (см. рисунок 1).

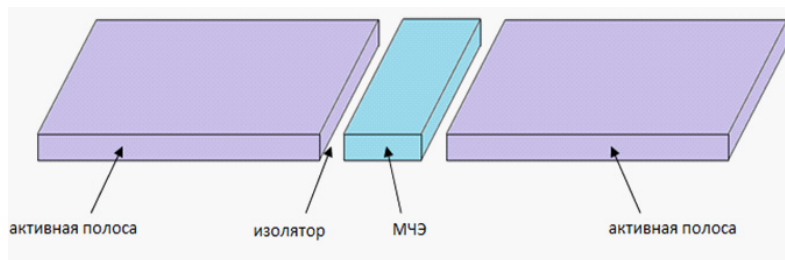


Рис.1. Иллюстративная схема ДМП.

Коэффициент (фактор) концентрации F измеряемого магнитного поля на МЧЭ в первом приближении характеризуется отношением ширин пассивной и активной полос ТМП. Эту величину можно увеличить путем наноструктурирования активной полосы (см. рисунок 2).

В работе предложено разбиения активных полос ТМП

на многочисленные сверхпроводящие ветви и прорезы имеющих наноразмеры. Расчеты показали, что можно добиться положительно эффекта, т.е. к увеличению фактора F более 4 раза относительно случая F , когда активные полосы являются сплошными (см. рисунок 1), если сверхпроводящие ветви и прорезы располагаются на активных полосах к определенной последовательности, т.е. оптимально.

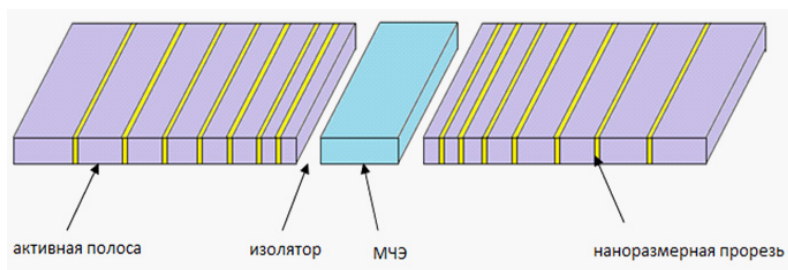


Рис. 2. Иллюстративная схема ДМП с фрагментированной активной полосой.

Например, при оптимальном расположении сверхпроводящих ветвей и прорезей реализуется $F_m \sim 10$ при параметрах: ширина МЧЭ — 1000 нм; ширина изолятора — 500 нм; ширина активной полосы ~ 10000 нм; ширина прорезов ~ 50 нм; ширины сверхпроводящих ветвей $\sim (150 \div 1000)$ нм; толщины активных полос и МЧЭ ~ 500 нм; лондоновская глубина проникновения сверхпроводящего материала для ТМП и МЧЭ меняется в области $50 \div 250$ нм.

СПЕКТРАЛЬНОЕ ПРОПУСКАНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ИК-СВЕТОВОДОВ

А.С. Корсаков, А.С. Шмыгалев, Л.В. Жукова, А.Я. Гулько, А.А. Сутчук, А.Э.Хасанов

УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Екатеринбург, Россия. l.v.zhukova@ustu.ru

В высокопрозрачных твердых материалах затухание света обуславливается тремя независимыми процессами: электронным поглощением, рэлеевским рассеянием света и колебательным поглощением [1]. Рассеяние Рэлея определяет затухание излучения в более длинноволновом диапазоне. Оно возникает из-за непостоянства показателя преломления вещества, обусловленного флуктуациями его плотности, а также составом, и быстро падает с увеличением длины волны излучения [2].

Существует определенная зависимость поглощения электромагнитного излучения от размера зерен и состава поликристаллического материала, через который оно проходит. Для установления этой зависимости использовали ИК-световоды трех составов. Спектры их пропускания (рис. 1) снимали на ИК-Фурье спектрометре IRAffinity-1 (Shimadzu) с делителем KBr, прозрачным в диапазоне от 0,21 до 25,0 мкм.

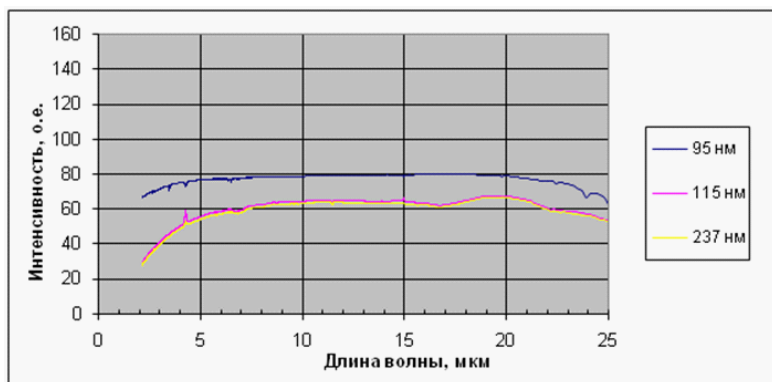


Рис. 1. Спектры пропускания трех образцов ИК-световодов длиной 0,5 м в зависимости от среднего размера зерен (составы раскрыты в тексте)

Для измерения спектрального пропускания световоды длиной 0,5 м полировали с двух сторон, оконцовывали (устанавливали SMA-коннекторы) и подключали к устройству “fiber coupler”, установленному непосредственно в кюветное отделение спектрометра. Из рис. 1 следует, что в анализируемом диапазоне длин волн наилучшим пропусканием обладает волокно, структура которого образована зернами со средним размером 95 нм, состава $\text{Ag}_{0,92}\text{Tl}_{0,08}\text{Br}_{0,92}\text{I}_{0,08}$. На рис. 2 (а,б) представлены фотографии структуры среза ИК-световодов в зависимости от режимов экструзии и состава кристаллов. Световод на рис. 2а имеет состав $\text{AgCl}_{0,75}\text{Br}_{0,25}$ и получен при температуре экструзии 170°C и давлении 1100 МПа на заготовку диаметром 10 мм. На рис. 2б и 2в представлены световоды составов $\text{Ag}_{0,99}\text{Tl}_{0,01}\text{Br}_{0,99}\text{I}_{0,01}$ и $\text{Ag}_{0,92}\text{Tl}_{0,08}\text{Br}_{0,92}\text{I}_{0,08}$, полученные при температуре экструзии 180 и 190°C и давлении 950 и 800 МПа на заготовку диаметром 10 мм, соответственно. Электронно-микроскопические изображения световодов получены с помощью растрового электронного микроскопа FEI CM 30 с регистрацией вторичных электро-

нов. Микроскоп позволяет получать изображения различных объектов с увеличением до 100 000 крат.

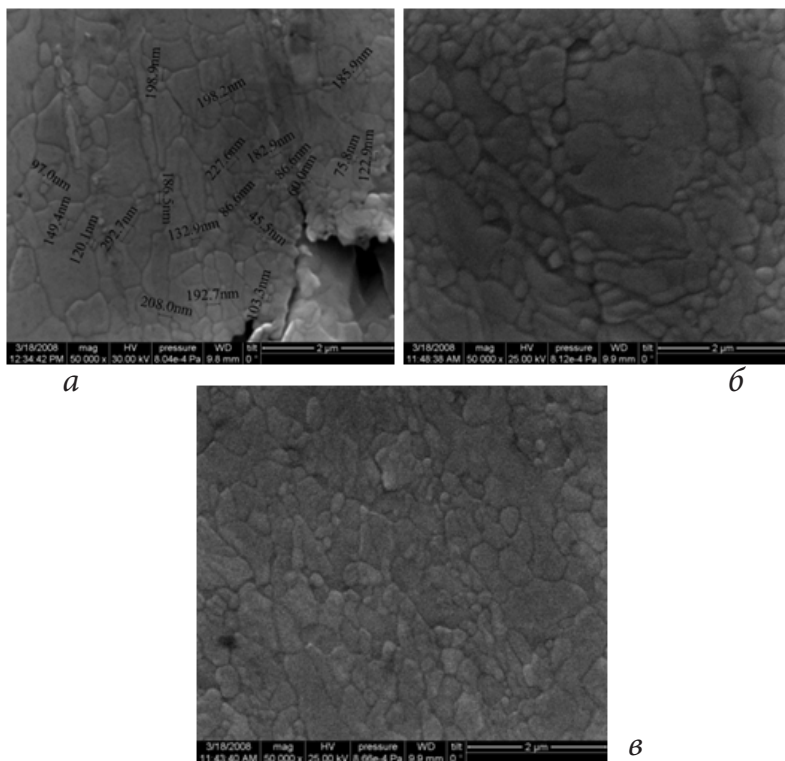


Рис. 2. РЭМ-изображения зерен ИК-световодов (составы раскрыты в тексте):

а – 237 нм, б – 115 нм, в – 95 нм

Определение среднего размера зерна проводилось с помощью программы CellSens Standart.

На рис. 3 приведены спектры пропускания для световодов систем $\text{AgCl}_{0,25}\text{Br}_{0,75}$ и $\text{Ag}_{0,97}\text{Tl}_{0,03}\text{Br}_{0,97}\text{I}_{0,03}$. ИК-спектр получали на ИК-Фурье спектрометре IRPrestige-21 (Shimadzu) с делителем CsI, прозрачным в диапазоне от 0,25 до 60,0 мкм для диапазона $4700 - 240 \text{ см}^{-1}$ (2,12 – 41,3 мкм).

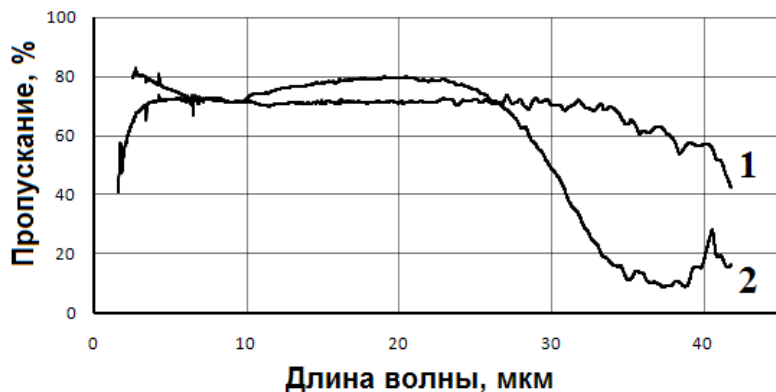


Рис. 3. Спектральное пропускание ИК-световодов состава $Ag_{0,92}Tl_{0,08}Br_{0,92}I_{0,08}$ (1) и $AgCl_{0,25}Br_{0,75}$ (2)

Литература

1. Кацуяма Т., Мацумура Х. Инфракрасные волоконные световоды. М.: Мир. 1992. 272 с.
2. Tel Aviv University. Веб-узел исследовательской группы "The applied physics group". Режим доступа: <http://www.tau.ac.il/~applphys/>.

НАНОЛЮМИНОФОРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ДЕТЕКТИРОВАНИИ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ

В.С.Кортов, С.В.Звонарев, С.В.Никифоров

УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Екатеринбург, Россия. vskortov@mail.ru

Нанолюминофоры обладают рядом особенностей, которые могут быть полезны для создания люминесцентных детекторов ионизирующих излучений. В таких детекторах

реально достичь более высокого выхода свечения на единицу поглощенной дозы. Это связано с тем, что процессы переноса энергии при облучении протекают в основном внутри наночастицы или нанокластера. В результате уменьшается количество безизлучательных переходов и повышается вероятность рекомбинации носителей заряда. Оба указанных фактора приводят к росту интенсивности люминесценции. Для сцинтилляционных детекторов важным свойством является многократное ускорение кинетики высвечивания вследствие уменьшения времени жизни возбужденных состояний активаторов в наночастицах. Кроме того, сопоставимость размеров наночастиц с длиной свободного пробега электронных возбуждений и характерными масштабами диффузии радиационных дефектов обуславливают эффективную миграцию возбуждений между соседними частицами и значительное возрастание радиационной стойкости наночастиц. Повышению радиационной стойкости нанолюминофоров способствует также ускоренный сток образующихся при облучении радиационных дефектов на многочисленные границы наночастиц. В результате замедляется процесс накопления радиационных дефектов и, следовательно, деградация свойств люминесцентных детекторов излучений. Таким образом, имеются физические основания считать, что стабильные высокодозные детекторы излучений можно создать на основе наноразмерных аналогов тех материалов, которые уже успешно используются в люминесцентной дозиметрии.

В докладе приводится краткий анализ имеющихся положительных примеров создания нанокристаллических детекторов излучений. Возможность регистрации доз гамма-излучения до 10^4Gy продемонстрирована при использовании нанокристаллического детектора $\text{MgB}_4\text{O}_7:\text{Dy}$. Наноразмерные детекторы $\text{BaSO}_4:\text{Eu}$ успешно применялись

при регистрации ионов лития (48 МэВ), углерода (75 МэВ) при флюенсах до 10^{12} ионов / см^2 , а также гамма-излучения ^{60}Co в диапазоне (0,1÷14)кГу. Существенное расширение динамического диапазона регистрации доз гамма-излучения (до 10^4 Гу) показали нанокристаллические детекторы LiF:Mg,Cu,P. В нанофосфоре ZnS:Cu дозовая характеристика линейна до 2кГу.

Нами проведены исследования спектральных и дозиметрических характеристик нанолюминофоров $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ и $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\text{:Mg}$. Пики термолюминесценции (ТЛ) регистрируются при температурах 370К, 473К и 680К. Пик ТЛ при 473К близок по кинетическим параметрам основному дозиметрическому пику при 460К в ТЛД-500. Чувствительность в области малых доз нанокристаллических детекторов значительно ниже, чем у ТЛД-500. В области высоких доз линейность дозовой характеристики сохраняется до 10^2 Гу, а суперлинейность практически отсутствует. При дальнейшем увеличении дозы растет интенсивность ТЛ в пике при 680К, его дозовая характеристика линейна до (40÷50) кГу.

Несмотря на то, что исследования дозиметрических свойств еще не многочисленны, можно отметить некоторые общие закономерности. Основные пики ТЛ в наноструктурных детекторах по температурному положению близки к аналогичным пикам в монокристаллах и микрокристаллических порошках, однако возможно перераспределение их интенсивности. Это позволяет предположить, что в наноразмерных люминофорах активны те же центры свечения, что и в объемных кристаллах, но они находятся в ином энергетическом состоянии. Полосы свечения, как правило, уширены, часть из них имеет «голубой» сдвиг. Наблюдающиеся закономерности находят частичное объяснение в рамках модели взаимодействующих треков, а также в модели интерактивного взаимодействия глубоких и мелких ловушек.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОСЕСИММЕТРИЧНО ПОЛЯРИЗОВАННОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С КОНДЕНСИРОВАННОЙ СРЕДОЙ

В.С. Макин¹, Р.С. Макин²

¹ *Институт ядерной энергетики, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет; Санкт-Петербургский государственный университет. Санкт-Петербург, Россия*

² *НИЯУ МИФИ, Димитровградский технологический институт. Димитровград, Россия*

В последнее время начата разработка методов формирования мощных пучков осесимметрично поляризованного лазерного излучения. Это излучение стали применять в экспериментах по взаимодействию лазерного излучения с конденсированными средами. Одной из моделей, описывающих взаимодействие линейно поляризованного лазерного излучения с конденсированной средой, является универсальная поляритонная модель. Возник вопрос о применимости поляритонной модели для случая осесимметричной поляризации лазерного излучения. Соответствующая задача была решена [1], и показано, что в случае взаимодействия радиально поляризованного лазерного излучения образуется резонансная кольцевая решетка, а в случае азимутально поляризованного — регулярные структуры радиального типа.

¹ *Макин Руслан Сергеевич, профессор, доктор физ.-мат. наук
E-mail: rmak@SAI-net.ru*

Выводы теоретической модели подтверждаются экспериментальными данными для металлов [2], полупроводников [3] и диэлектриков [4] (поверхностные плазмон поляритоны) для ультракороткоимпульсного излучения (УКИ). Для импульсов большой длительности (~ 1 мкс, $\lambda = 10,6$ мкм) на диэлектрике (кварцевое стекло) (поверхностные фонон поляритоны). Показано [1], что образующаяся динамическая (остаточная) кольцевая решетка является поверхностной линзой для возбуждаемых на ней поверхностных поляритонов, которая фокусирует излучение ПП в пятно субдифракционных размеров $\approx \lambda/\eta$, где η – действительная часть показателя преломления границы раздела конденсированная среда – воздух (вакуум) для ПП. Это означает, что лазерная обработка конденсированных сред ультракороткими импульсами радиально поляризованного лазерного излучения существенно более эффективна, чем, например, круговой или линейной поляризации. В случае воздействия азимутально поляризованного лазерного излучения, направление распространения ПП, возбуждаемого на динамических радиальных структурах, локально перпендикулярно направлению радиальных лучей, и энергия, переносимая ими, не выносится за пределы зоны облучения. Поэтому азимутально поляризованное лазерное излучение должно быть эффективным, например, для лазерного сверления микроотверстий. Осесимметрично поляризованное лазерное излучение может быть использовано в схемах энергетически эффективной лазерной технологической обработки материалов.

Полученные результаты также могут быть использованы для разработки и создания приборов контроля поляризации лазерного излучения.

Литература

1. Makin, V.S., Makin, R.S. Interaction of laser radiation with axially symmetric polarization with condensed media. // Optics and Spectroscopy. 2013. V. 113. P. 670.

2. Allegre, O.L., Y Jin, Y., Perrie, W., Quyang, J., Fearon, E., Edwardson, S.P., Dearden, G. Complete wavelength and polarization control for ultrashort pulse laser micromachining. // Optics Express. 2013. V. 21. № 18. P. 21198-21207.

3. Lou, K., Qian, S.-X., Wang, X.-L., Li, Y., Gu, B., Tu, Ch., Wang, X.-T. Two-dimensional microstructures induced by femtosecond vector light fields on silicon. // Optics Express. 2012. V. 20. № 1. P. 120.

4. Hnatovsky, C., Shvedov, V., Krolikovski, W., Rode, A. Revealing the local field structures of focused ultrashort pulses. // Phys. Rev. Lett. 2011. V. 106. №. 12. P. 123901.

МЕТОД И ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ВНУТРИКРИСТАЛЬНОЙ ВСТРОЕННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СБОЕУСТОЙЧИВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ ЭЛЕМЕНТОВ И УСТРОЙСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

А.А.Павлов, В.Э. Бородай, С.В. Иванушкин, Н.Н. Медов,
А.Н. Царьков

Межрегиональное общественное учреждение «Институт инженерной физики». Серпухов, Россия. pavlov_ii@mail.ru

Актуальность работы. В процессе эксплуатации на электронную аппаратуру бортовых систем управления (особенно космического назначения) действует ряд независимых один от другого воздействий, которые приводят к возник-

новению ошибок и сбоев в обрабатываемой информации. Особую актуальность приобретает вопрос обнаружения ошибок и сбоев в элементах и устройствах ЭВМ, которая является функциональным ядром рассматриваемых систем.

Состояние вопроса. Существующие методы контроля выполнения процессорных функций бортовых систем управления, работающих в реальном масштабе времени (дублирование, мажоритарный метод, логика с переплетением, контроль по модулю) имеют высокую обнаруживающую способность, однако требуют большой аппаратурной и временной избыточности. Корректирующие коды широко используются только для обнаружения ошибок в запоминающих устройствах ЭВМ, но при этом неизвестны методы использования корректирующих кодов для обнаружения арифметических и логических операций.

Новизна работы. Концептуальным подходом, разрешающим данное противоречие, является разработка метода построения линейного кода, обнаруживающего ошибки заданной кратности в микросхемах запоминающих устройств ЭВМ и адаптации данного метода кодирования для обнаружения ошибок процессора.

Ожидаемые результаты. Инновационная технология, реализующая метод контроля информации не имеющая аналогов и обеспечивающая: сокращение информационной избыточности (числа контрольных разрядов), минимизацию аппаратурных и временных затрат на обеспечение сбоеустойчивости микросхем элементов и устройств ЭВМ. Примечания: Аппаратурные затраты выражены через простейшие двухвходовые логические элементы; Временные затраты выражены через время τ — время прохождения сигнала через простейший логический элемент; $P_{обн1}$ — вероятность обнаружения одиночных ошибок; $P_{обн2}$ — вероятность обнаружения двойных ошибок; r_0 — число контроль-

ных разрядов; τ — временные затраты решающего органа; C_0 — общие аппаратные затраты оборудования на организацию контроля информации, выраженные через двухвходные элементы; ПМ2 — предлагаемый метод контроля информации с двумя контрольными разрядами; ПМ2_{М1}, ПМ2_{М2}, ПМ2_{М3} — модифицированные методы контроля информации с двумя основными контрольными разрядами и одним, двумя и тремя дополнительным контрольным разрядами соответственно.

Таблица 1.

Сравнительное значение показателей,
характеризующих предлагаемый метод контроля
информации и существующие методы

Наименование методов	Показатели эффективности методов контроля				
	$P_{обн1}$	$P_{обн2}$	r_0	τ	C_0
Контроль на четность (mod2)	1	—	1	10	4092
mod3	1	0,5	2	38	8188
mod5	1	0,75	3	—	—
Код Хемминга	1	0,18	5	8	20260
Модифицированный код Хемминга	1	1	6	12	24440
ПМ2(2 контр. разр.)	1	0,74	2	10	8120
ПМ2 _{М1}	1	0,9	3	10	12164
ПМ2 _{М2}	1	0,975	4	10	16208
ПМ2 _{М3}	1	1	5	10	2-228

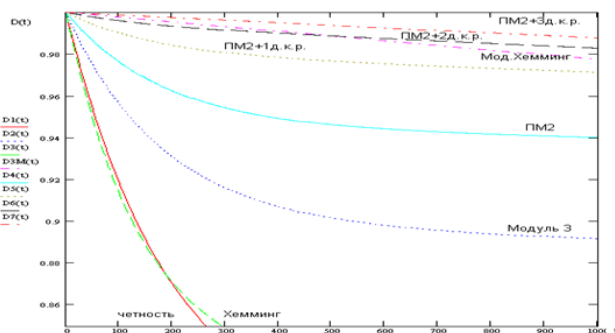


Рис.1. Сравнительная оценка достоверности функционирования вариантов предлагаемого метода обнаружения ошибок с существующими методами

СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПО ПРИМЕНЕНИЮ НАНОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ, ВОЗДУШНЫХ, ВОДНЫХ, НАЗЕМНЫХ, ПОДВОДНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

А.С. Раткин

ООО «АРГМ». Москва, Россия. rathkeen@bk.ru

Предлагается создание информационной системы по применению наноматериалов для беспилотных робототехнических систем различных типов: космических, воз-

душных, водных, наземных, подводных и подземных. В системе планируется учитывать данные разработчиков («головников» и соисполнителей), заказчиков, привлекаемых экспертов, маркетологов, инвесторов, аудиторов и других представителей научного-промышленного и финансово-экономического сообщества.

Одной из ключевых проблем создаваемой системы является учет противоречивых требований при разработке робототехнических систем, например, сверхпрочных и сверхлегких материалов для корпусов. Практика создания аналогичных наноматериалов применима, в частности, при разработке тяжелых беспилотных роботизированных комплексов с полезной нагрузкой в несколько тонн.

Кроме того, для разных типов беспилотных комплексов наиболее важными является блок требований к тактико-техническим характеристикам изделия (например, общий вес и вес оборудования) и финансово-экономическим параметрам каждого инвестиционного проекта. Для разрешения противоречий предлагается объединить часть блоков системы в информационный контур, в котором возможно оперативное обсуждение в сети проблем и поиск их решения.

Информационная система является межотраслевой, включающей данные о разработках в космическом и железнодорожном машиностроении, самолетостроении, вертолетостроении, судостроении, автомобилестроении и т.д.

СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ НА КВАНТОВЫХ КОМПЬЮТЕРАХ

А.С. Раткин

ООО «АПГМ». Москва, Россия. *rathkeen@bk.ru*

Предложен метод защиты данных на квантовых компьютерах с применением стеганографических технологий. Метод защищен патентом на изобретение и повышает устойчивость систем защиты при несанкционированном доступе к потокам и блокам данных при обработке на квантовом компьютере, скорость которого на несколько порядков превосходит скорость обычных вычислительных систем.

При подборе пароля на квантовых компьютерах эффективность криптографических систем защиты данных существенно снижается. Время взлома криптосистем с применением квантовых технологий многократно сокращается. Стеганографические технологии позволяют повысить уровень защиты данных. В частности, применим комплекс технологий по расчету адресов начала и конца сообщения в каждом стеганографическом файле-контейнере и адресов местонахождения каждого стеганографического файла-контейнера. Генерируемая последовательность адресов обеспечивает в распределенной системе хранение информации. В качестве стеганографических контейнеров, в частности, допускается применение текстовых и графических файлов.

Разработанные стеганографические технологии реализуемы в виде приложений для разных программно-

аппаратных платформ. В качестве примера обработки сообщения с участием стеганографических файлов-контейнера рассмотрен метод «наименее значащих бит».

Актуальность проводимых исследований подтверждается фактами об успешном тестировании в США в 2013 году квантового компьютера со скоростью вычислений на 3 порядка выше, чем у обычных систем.

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ КАК БАЗИСА РОБОТОТЕРАПИИ

А.В.Федотовских

Комитет по науке и инновациям TOP «Северные промышленники и предприниматели» (РСПП). Красноярск, Россия. hief@nrd.ru

В последние годы роботы активно замещают людей не только на производстве или в экстремальных условиях, но и в медицине. Робототехническая терапия — направление в лечении и реабилитации людей, больных различными заболеваниями, с помощью робототехнических устройств, как внешних, так и внутренних. Робототерапию называют также кибертерапия и нейрореабилитация. Такая терапия потенциально может способствовать снижению ущерба и облегчению состояния людей. Ведущими мировыми организациями в этой области являются Массачусетский технологический институт — пионер в области робототерапии (начало работ — 1987 г.), Национальный институт науки и передовых технологий (Цукуба, Япония), Федеральная политехническая школа Цюриха и др.

Робототерапия предполагает три основных направления использования нанотехнологий: 1. Наноботы (нанороботы, наниты). 2. Роботы-манипуляторы (робототехническая или автоматизированная хирургия). 3. Медицинские антропоморфные роботы и иные роботы с искусственным интеллектом.

Однако бурное развитие робототерапии имеет свои особенности, и, несмотря на большое количество практических исследований, серьёзные проблемы в развитии и применении. В целом можно выделить пять типов проблем в использовании нанотехнологий в терапии робототехникой: технические, экономические, экологические, этические и общественные.

1. Технические: объемность и длительность сроков исполнения инвестиционных и научно-технических проектов от идеи до реализации; сложность в создании готовых к использованию наноботов (в настоящее время существуют только компоненты и примитивные прототипы молекулярных машин); отсутствие систем управления наноботами; слабость существующих систем искусственного интеллекта; трудности выведения механических наноботов из организма, их перепрограммирование и/или уничтожение.

2. Экономические: высокая стоимость нанопроизводств и нанокomпонентов, используемых в робототерапии; отсутствие сформированного рынка медицинской робототехники и конкуренции между производителями; доступность роботонанотехнологий только обеспеченным слоям населения и невозможность применения их в домашних условиях (прогноз уменьшения цен — не ранее чем 2025 г.); регионарный эгоизм, когда технологии окажутся доступными в основном в тех регионах, где они будут разрабатываться или закупаться; дороговизна компонентов и программного обеспечения.

3. Этические: отсутствие алгоритма оценки возможного ущерба здоровью веществ, из которых изготовлены нанороботы; отсутствие методик оценки степени безопасности воздействия медицинских роботов всех видов на человека, в т.ч. психологических и физиологических; несформированность систем прогноза дальних по времени последствий от всех видов робототерапии и воздействия наноробототерапии на организм человека; непонимание научно-медицинским сообществом вопросов контроля над роботонанотехнологиями международной общественностью во избежание использования их корпорациями и государствами только по своему усмотрению в личных интересах.

4. Экологические: нанотехнологии в робототерапии будут оказывать неблагоприятное воздействие на окружающую среду, т.к. абсорбирующие свойства нанозадач значительно выше, чем у других молекул и они могут распространяться в воздух и воду, однако до сих пор методик определения ущерба экологии и технологии их утилизации не существуют.

5. Общественные: потребность в координации усилий власти, научных учреждений, бизнеса и общественных объединений для развития робототерапии; масштабность, сложность и многообразие проблем профилактики, лечения и реабилитации нанороботами, определяющая необходимость создания системы мероприятий, объединенных общей целью, ресурсами, сроками реализации и исполнителями; нехватка квалифицированного персонала для робототерапии.

Развитие робототерапии и нанотехнологий ставит не только эти, но и правовые и даже политические вопросы, с которыми столкнется международное сообщество уже до 2020 г. Осмысление и решение их является необходимым.

Нанотехнологии в ТЭК

НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

А.Я.Хавкин

*ОАО «Институт геологии и разработки горючих ископаемых».
Москва, Россия. aykhavkin@yandex.ru*

Для развития национальной нефтегазовой промышленности необходимо поддержание высокого уровня рентабельности в нефтегазовом секторе экономики и мотивирование предприятий на создание и использование инновационных технологий [1]. В выручке российского экспорта нефть составляет 34%, а газ — 15%. Исходя из этого, укрепление российской минерально-сырьевой базы является важнейшей государственной задачей [2].

Параметры развития отрасли указаны в Энергетической стратегии России на период до 2030 года [3] (ЭСР-2030). Вместе с тем, ряд работников отрасли считают, что такие параметры, как добыча нефти в 2030г. в объеме 530 млн. тонн и

достижение $KИН=0,35\div0,37$, проблематичны [4].

Для таких оценок вроде бы есть основания: запасы наиболее интенсивно разрабатываемых пластов с текущим темпом отбора более 6%, обеспечивающих более половины добычи нефти, сократились на 110 млн. тонн, а отбор из пластов с текущим темпом отбора $2\div6\%$ увеличился на 76 млн. тонн. При этом значительный прирост запасов произошёл на объектах с текущими темпами отбора менее 2% [5], т.е. с низкопроницаемым коллектором.

Россия занимает 8 место в мире по запасам нефти и мировой лидер по добыче нефти. В технологическом отношении Россия отстает от развитых стран — значение коэффициента извлечения нефти (КИН) в России упало до 0,3, а в США КИН вырос до 0,4 при существенно худшей структуре запасов. По отдельным объектам за рубежом нефтяные компании имеют КИН на уровне $0,4\div0,45$, а на крупных объектах — 0,5. К 2020г. западные страны планируют выйти на средний $KИН=0,5$ [6].

С каждым годом в составе разрабатываемых месторождений становится все больше месторождений с низкой проницаемостью и высокой обводненностью продукции, и проектный по пятилетним периодам КИН по российским месторождениям упал до 0,3. Частично это связано с тем, что в структуре разрабатываемых объектов России доля НПК увеличилась с 10% в 1971г. до 50% в 2011г. [7]. И поэтому снижение среднего КИН, во многом, было связано с тем, что негативное изменение структуры запасов не компенсировалось соответствующим совершенствованием используемых технологий нефтеизвлечения: дополнительная добыча за счёт «третичных» методов увеличения нефтеотдачи: в мире — 120 млн. т/год; в США — 34 млн. т/год; в России — всего $1,0\div1,5$ млн. т/год [7].

Изучение особенностей вытеснения нефти из продуктивных пород на наноуровне и применение наноматериалов по-

зволиткратноувеличитьзапасынефтиРФзасчетприменениянефтегазовыхнанотехнологийиувеличенияКИНдо $0,5\div 0,65$,снизитьобводненностьпродукциидо75%,обеспечитьдобычу $550\div 600$ млн. т/год, в том числе $300\div 350$ млн. т/год по себестоимости 2 доллара/баррель [8].

Литература

- 1.Кашин В.И. Приоритет – национальные интересы // Нефтегазовая вертикаль, 2012, № 8, с.40-43.
2. Государственный доклад «О состоянии и использовании минеральных ресурсов в 2008г.» / Гл. ред. С.Е.Донской // Минерал, Центр «Минерал» ФГУНПП «Аэрогеология», 2009, 400с.
3. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года // Интернет, 2009, <http://www.inreen.org>.
4. Прищепа О., Подольский Ю. 420 млн. тонн нефти к 2030 году? Перспективы нефтедобычи в России // Нефтегазовая вертикаль, 2012, № 8, с.44-53.
5. Григорьев М. Приросты запасов крайне малы // Нефтегазовая вертикаль, 2012, № 8, с.56-57.
6. Концепция программы преодоления падения нефтеотдачи / Спиридонов Ю.А., Храмов Р.А., Боксерман А.А., Хавкин А.Я. и др. // М., Госдума РФ, ОАО «Зарубежнефть», 2006, 144с.
7. Крянев Д.Ю., Жданов С.А. Научное обеспечение новых технологий разработки нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами // Материалы Научно-практической конференции «Состояние и дальнейшее развитие основных принципов разработки нефтяных месторождений», посвященной памяти Н.Н. Лисовского, Альметьевск, 26-27 сентября 2012г.
8. Хавкин А.Я. Современные стратегические задачи нефтедобычи // Материалы III Международной Конференции «Наноявления при разработке месторождений углеводородного сырья: от наноминералогии и нанохимии к нанотехнологиям», Москва, ОАО «ИГиРГИ», 30-31 октября 2012г., М., Нефть и газ, 2012, с.136-144.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЗИТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ПОРОД

К.П.Арефьев², В.И.Графутин¹, Е.П.Прокопьев¹, А.М.Лидер¹,
Р.С.Лаптев¹, Ю.С.Бордулев¹

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации - Институт Теоретической и Экспериментальной Физики» им. А.И.Алиханова. Москва, Россия. erprokopiev@mail.ru

² Физико-технический институт Национального исследовательского Томского политехнического университета. Томск, Россия. kra@tpri.ru

Методы позитронной аннигиляционной спектроскопии (ПАС) хорошо зарекомендовали себя как эффективные лабораторные методы исследования дефектной структуры различных материалов. Основу методов ПАС составляют такие экспериментальные методы исследования, как метод измерения времени жизни позитронов в веществе (ВРАФ), метод спектрометрии углового распределения аннигиляционных фотонов (УРАФ), а также метод спектрометрии доплеровского уширения аннигиляционной линии (ДУАЛ). В различных работах (www.rusnor.org/upload/iblock/070/pub-7921-1124.doc, см. ссылку 334) и (Порталус: <http://www.portalus.ru/modules/science/data/files/prokopiev/Paper-Prokopiev-EP.pdf>) показана эффективность методов ПАС при определении раз-

меров наноразмерных объектов (вакансий, вакансионных кластеров), свободных объемов пор, полостей, пустот, цилиндрических каналов и капилляров, их концентраций и химического состава в месте аннигиляции. Можно сказать, что в настоящее время даже идет формирование целой области позитронных исследований — позитронной порометрии. Одной из потенциальных областей применения позитронной порометрии является нефтегазовая отрасль. Сегодня в нефтегазовой отрасли важную роль играют явления наноразмерного масштаба. В первую очередь речь идет о наноразмерных физико-химических явлениях в геологических средах (телах), пластовых флюидах и промышленном оборудовании при разработке и эксплуатации нефтегазовых залежей. Исследования динамики изменений значений коэффициента извлечения нефти (КИН) показали, что для микроструктуры нефтегазовых месторождений (пород) важными показателями являются общая пористость и проницаемость. Прямой связи общей пористости с проницаемостью нет, но существует корреляционная связь между пористостью и проницаемостью. С повышением общей пористости повышается проницаемость породы, за счет увеличения эффективной пористости и увеличения количества крупных пор, что приводит к резкому увеличению величин КИН при закачке воды и других специальных растворов для вытеснения нефти из пластов пород. Таким образом, для повышения эффективности извлечения нефти необходимы детальные исследования порового пространства, особенно при освоении нанорезервуаров (наноколлекторов) — например, нефтяных пластов баженовской свиты Сибири, газовых и метанугольных пластов с наноразмерными поровыми каналами. Указывается, что в баженовской свите Западной Сибири средний радиус пор равен $1\div 10$ нм.

Другим важным наноколлектором является уголь. В не-

драх угольных бассейнов сосредоточены значительные ресурсы спутника угля — метана, соизмеримые с ресурсами газа традиционных месторождений мира. Угольные бассейны следует рассматривать как метаноугольные, подлежащие комплексному поэтапному освоению, с опережающей широкомасштабной добычей метана (в том числе для безопасной добычи угля). В угле много пор диаметром менее 10 нм. Поэтому уголь является наноколлектором природного газа, и борьба с выбросами природного газа и его добыча должны ориентироваться на работу с наноразмерными порами.

К тому же по-прежнему острой остается проблема, связанная с защитой от водородной коррозии металлических конструкций нефтегазовой отрасли, работающих в присутствии агрессивных сред. Водород, растворенный в металле при эксплуатации трубопроводов, контейнеров или иных элементов конструкций инициирует разрушение, и осложняет восстановительный ремонт, значительно ухудшая качество сварных швов. В связи с этим, особое значение приобретают исследования наноразмерных объектов в материалах трубопроводов, используемых при транспортировке нефти и газа (сталь и особенно нержавеющие композитные материалы на основе различных полимеров), поскольку они являются ловушками, ответственными за захват водорода. Знание характеристик наноразмерных объектов и их свойств, а также основных закономерностей их взаимодействия с водородом в конструкционных материалах нефтегазовой отрасли может позволить увеличить долговечность их эксплуатации. Для исследования наноразмерных объектов в указанных выше приложениях могут быть использованы методы позитронной порометрии. В данной работе рассмотрена возможность использования позитронов для исследования структуры и свойств порового пространства конденсированных сред. На примере образцов пористого кремния показаны возможно-

сти метода спектрометрии углового распределения аннигиляционных фотонов для исследования структуры и состава порового пространства. С помощью метода УРАФ возможно определять средние размеры сферических и цилиндрических нанообъектов, их концентрацию, а также химический состав в месте аннигиляции. Данные параметры являются определяющими при исследовании микроструктуры нефтегазоносных и метаноугольных пород, важными показателями которых являются общая пористость и проницаемость. Качественно новые данные в этой области могут быть получены при развитии метода УРАФ. В настоящее время активно развиваются технологии использования пучков позитронов с регулируемой энергией. Использование пучков позитронов с регулируемой энергией позволит проводить послойный анализ подготовленных проб. А использование в качестве регистрирующей аппаратуры позиционно-чувствительные детекторные системы позволит исследовать топологию и распределение порового пространства (2D-УРАФ). Полученные данные могут быть существенно дополнены методами ДУАЛ и спектрометрии по времени жизни позитронов. В данной работе рассмотрена возможность применения метода позитронной аннигиляционной спектроскопии для исследования порового пространства пород нефтегазоносных и метаноугольных месторождений. В качестве метода диагностики структуры использован метод спектрометрии углового распределения аннигиляционных фотонов (УРАФ). На примере образцов пористого кремния показана возможность метода УРАФ определять средние размеры сферических и цилиндрических наноразмерных объектов, их концентрацию, а также химический состав в месте аннигиляции.

СТЕГОРЕПОЗИТОРИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ НА ОБЪЕКТАХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

А.С. Раткин

ООО «АПГМ». Москва, Россия. rathkeen@bk.ru

Предлагается использование нового понятия — репозитория для стеганографических методов. Хранение информации о доступе к данным реализовано с помощью стегорепозитория. Элементы структур имеют порядок следования, который может быть изменен по необходимости при настройке на внутреннюю структуру объекта ТЭК. Размер каждого из компонентов структур (в т.ч., для объектов ТЭК) может варьироваться.

В состав внутренней структуры, в т.ч., включены номера сообщений, номера байтов, номера битов в байте, названия файлов. Внешняя структура объединяет набор характеристик объектов ТЭК, классифицированных по отраслям: например, для труб — максимально допустимое удельное давление на 1 кв.мм наноматериала, для резервуаров — предельно допустимый диапазон температур эксплуатации с учетом параметров наноматериала.

Внутренняя и внешняя структуры формируют стегорепозиторий, куда заносится информация о моделировании процессов на объектах ТЭК. Стегорепозиторий повышает эффективность функционирования системы за счет повышения уровня надежности каналов передачи данных и снижения затрат. Для файлов различных форматов с помощью

разных стеганографических программ рассчитываются характеристики, хранимые в распределенной базе данных. Допустима их выборочная дополнительная обработка, в т.ч., в разных форматах.

Технология защищена патентов на изобретение. Согласно данным Федерального института промышленной собственности Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, аналогами разработки является продукция «Sun Microsystems» и «Microsoft Corporation» с уровнем релевантности «А».

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БУРЫХ УГЛЕЙ

В.И. Рождествина¹, О.А. Фефелова¹, А.П. Сорокин^{1,2}, В.М. Кузминых²

¹Институт геологии и природопользования ДВО РАН. Благовещенск, Россия. science@ascnet.ru

²Амурский научный центр ДВО РАН. Благовещенск, Россия. amurnc@ascnet.ru

Уголь является энергетическим сырьем, нередко содержащим ценные и полезные, а также вредные и опасные элементы-примеси в высоких концентрациях. Элементы-примеси в органическом (ОВ) и неорганическом (НОВ) веществе углей могут быть представлены рассеянными атомарными формами и дисперсными минеральными фазами. В процессе горения в зависимости от форм химических взаимодействий в локальных микроразделах и размерных критериев частиц, содержащиеся в углях ценные, полезные, вредные и опасные компоненты ча-

стично остаются в топочных золошлаках, транспортируются с золами уноса, которые, не смотря на многоступенчатые системы очистки дымов, используемых на ТЭЦ (циклоны (грубая фракция), электростатические и тканевые рукавные фильтры (более мелкая фракция)), в значительных количествах в виде газов, жидких и твердых частиц уносятся с дымом в атмосферу, рассеиваясь на значительной территории. Принято считать, что наиболее опасной в экологическом отношении частью выбросов ТЭЦ являются эмитируемые ультрадисперсные твердые частицы токсичных и потенциально опасных элементов, которые легко переносятся с воздушными потоками, оседают на частицах пыли и попадают в легкие человека при дыхании, нанося существенный вред его здоровью.

Нами проводятся комплексные исследования углей и продуктов его горения. Для проведения экспериментальных исследований в АмурНИЦ ДВО РАН Кузьминых В.М. смонтирована опытно-лабораторная установка, в основе которой лежит способ, подтвержденный патентами РФ, основанный на орошении дымов паром с последующей его конденсацией. Установлено, что большинство ценных и полезных, а также вредных и опасных компонентов представлено минеральными частицами, размеры которых колеблются от $n \cdot 10$ нм до 1–2 мкм, крайне редко встречаются отдельные индивиды с размерами 10–15 мкм. Наиболее часто частицы характеризуются флокуляционной структурой различной степени уплотнения, с заполнением внутренних поровых пространств органическим веществом (ОВ). Изучением продуктов горения бурого угля установлено, что фракционный и вещественный состав золы, остающейся в топочной камере и уносимой с дымом, зависит от характера распределения минеральной составляющей в угле, компонентов внешней и внутренней зольности и от технологии его сжигания. Золошлаковые отходы гидравлическим способом перемещаются в золоотвалы. Вода при этом имеет

высокую степень минерализации, существенно загрязнена углеводородами, содержит ультратонкую устойчивую эмульсионную взвесь, отделение которой связано со значительными технологическими трудностями. Воду также используют и при обогащении углей. Дым представляет собой концентрированную смесь продуктов горения, состоящих, главным образом из тяжелых молекул углеводородов, в основном в виде тонкодисперсных аэрозолей, оксидов присутствующих в угле элементов, паров воды, тонкодисперсных фаз аморфного углерода и зол уноса. Использование способа конденсации паро-дымовой смеси позволяет решить две важные проблемы, первая из которых связана с загрязнением воздушного пространства, вторая с концентрированием ценных, полезных, а также токсичных и потенциально опасных компонентов, которые могут быть также использованы, не выводя уголь из основного производственного цикла. Однако, при таком способе вовлекаются в оборот значительные объемы воды. Нами проведена серия опытов по подбору реагентов для концентрирования золота из раствора исходных золотосодержащих конденсатов, полученных после сжигания угля. Полученные результаты свидетельствуют, что золото концентрируется во флокуляте, осаждающаяся вместе с органическим веществом и другими компонентами, присутствующими в конденсатах.

Использование комплексного подхода к переработке энергетического сырья — бурых углей, содержащих значительные количества ценных компонентов, на стадии переработки продуктов сжигания (включая очистку дымов и технологических вод), позволяет решить две важные задачи угольной промышленности: решение проблемы загрязнения экосистем и комплексное использование энергетического сырья с попутным извлечением полезными и обезвреживанием токсичных и потенциально опасных компонентов.

Нанотехнологии и наноматериалы в строительстве

BUILDINGS MATERIALS STRUCTURES BASED ON ADVANCED POLYMER NANOSTRUCTURED MATRIX

Р. А. Гицельтер¹

АССОЦИАЦИЯ «ЗОЛОТАЯ МОЯ МОСКВА». Москва, Россия.

Представленный автореферат содержит 34 страницы текста на английском языке и включает краткое изложение создания наноструктурированного материала на основе жидкого олигобутадиена, не содержащего каких-либо функциональных групп, а также исследование строительных конструкций из такого материала.

Разработка нового вида строительного материала, названного "RubCon" велась как на основе исследований кинетики вулканизации при различных температурах, так и путём поиска оптимума методами математического пла-

¹ Гицельтер Рудольф Абрамович, Ph.D, Sc. Engineer. rudolf194138@mail.ru

нирования эксперимента. Мне удалось получить материал с комплексом уникальных свойств, и в первую очередь высокой химической стойкостью, как в щелочных, так и в кислотных средах.

Конструкции из разработанного резинобетона были испытаны на различные механические и радиационные нагрузки, что позволило определить оптимальные области их применения. Разработанные конструкции были использованы в практике техники защиты от коррозии на предприятиях химической и металлургической промышленности.

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ВОДНЫХ СИСТЕМ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И ПРОЧНОСТИ ТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ

Р.П. Заднепровский¹, Ю.Г. Лапынин²

¹Государственный архитектурно-строительный университет. Волгоград, Россия. zadnepr@yandex.ru

² СПО Колледж нефти и газа. Волгоград, Россия. y.lapynin@mail.ru

Известно влияние слабых электромагнитных полей (ЭМП) на свойства водных систем и использования, возникающих при этом, физико-химических явлений (электроосмос, электрофорез, изменение кинетики коагуляции и

кристаллизации, растворимости, адсорбционных свойств и др.) и использование этих явлений в нанотехнологиях. Однако теория ЭМП-воздействия в значительной мере содержит гипотетические положения и имеет существенные пробелы и недоработки, не позволяющие во многих случаях сделать достаточно надежное прогнозирование оптимального режима и количественной оценки конечного практического результата, когда существенно изменяется химико-физический состав и состояние жидкой фазы. Вследствие этого результаты различных исследований часто расходятся, не всегда сравнимы и объяснимы.

Постоянное электрическое поле может быть использовано для: переноса вещества и жидкостей в пористой среде (электроосмос и электрофорез). Электромагнитная активация воды и других жидкостей приводит к изменению структурно-физических свойств водосодержащих материалов, и тем самым, открывает перспективы новых практических реализаций. Переменное электрическое поле с напряжением до $15 \div 30$ кВ существенно влияет на процесс структурообразования при твердении грунтов и строительных растворов. Наложение электрического поля напряженностью $E = 2 \div 3$ В/см до начала интенсивного структурообразования приводит к росту периода твердения. Многочасовое воздействие электроосмоса используется для осушения и закрепления грунтов (в течение 3-5 суток). Из теоретических соображений и некоторых предварительных опытов следует ожидать роста интенсивности твердения при более низких частотах ($5 \div 20$ Гц), при значительном снижении напряженности поля. Магнитная обработка (МО) глинистых паст при напряженности до 50 кА/м и скорости пересечения магнитного поля $0,3 \div 1,3$ м/с повышает или снижает до 35% (в зависимости от режима омагничивания) их когезию и адгезию к металлам. В опытах авторов сочета-

ние МО с наноуглеродными добавками ($0,05 \div 0,1\%$) получен прирост прочности на сжатие бетонных смесей в $1,5 \div 2$ раза. Полиэкстремальный характер изменения когезии и адгезии согласуется с изменением измеряемых параметров физических свойств (электродных потенциалов, смачивания, вязкости, электропроводимости) при действии ЭМП, но имеет ряд особенностей, требующих экспериментальной проверки. Воздействие ЭМП является, по существу, элементом нанотехнологий (для объемного материаловедения), позволяющее длительное время (от нескольких часов до нескольких суток) создавать существенное неравновесное энерготермодинамическое состояние воднодисперсных систем — ВДС (т.е. фактически изменять свойства наноразмерных частиц системы) и тем самым влиять на ее конечное состояние в процессах фазопревращений или переноса веществ. Для режима воздействия ЭМП разработана методика определения его оптимизации по показателям изменения углов смачивания и скатывания, электродного потенциала, капиллярного поднятия и измерению сил адгезии и когезии.

Сущность предлагаемого способа контроля качества магнитной обработки жидкости заключается в измерении параметров изменения физических свойств жидкости при магнитной обработке — поверхностного натяжения и угла скатывания. В предлагаемом способе в качестве измеряемого параметра определяется величина угла скатывания — α , которая отражает изменение адгезионно-когезионных свойств жидкости, подвергаемой магнитной обработке при заданном режиме обработки — напряженности магнитного поля H , скорости потока жидкости V и числа изменений направленности потока жидкости относительно силовых линий магнитного поля — n . Заметное изменение физических свойств жидкостей наблюдается при значениях напряженности магнитного поля $H=2000 \div 3000$ Эрстед, скорости по-

тока V до 3 м/с и числа $n=5\div 20$.

Контроль качества магнитной обработки исследуемой жидкости осуществляют по изменению угла скатывания α , который определяют по углу поворота вращающегося вокруг продольной оси цилиндрического барабана с нанесенными на верхнюю поверхность, вдоль ее образующей, каплями исследуемой омагниченной жидкости от начального положения капли до момента скатывания в фиксированной точке. По максимальному значению угла скатывания α при заданном режиме магнитной обработки жидкости ($V;H;n$) и материалу цилиндрической поверхности барабана (например, стекло, полиэтилен, фторопласт, хромированная накладка и т.п., имеющих угол смачивания от 30 до 90 градусов, который зависит от гидрофобности материала и выбор которого определяется в соответствии с типом исследуемой жидкости) устанавливают оптимальный режим магнитной обработки.

Предлагаемый способ позволяет более точно и с меньшими трудозатратами осуществить контроль качества магнитной обработки исследуемой жидкости и осуществить выбор оптимального режима омагничивания, что особенно важно при использовании водных растворов с переменным химсоставом примесей. О подробной информации по прибору и методике оптимизации магнитной обработки жидкости в конкретных случаях можно обращаться к указанным авторам по электронной почте.

ВЛИЯНИЯ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИКАРБОКСИЛАТНЫХ ПЛАСТИФИКАТОРОВ НА ПРОЧНОСТНЫЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ

Т.А. Низина¹, А.Н. Пономарев², С.Н. Кочетков¹, А.А. Козеев²

¹ *Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева». Саранск, Россия
nizinata@yandex.ru*

² *ЗАО «НТЦ прикладных нанотехнологий». Санкт-Петербург, Россия*

Для повышения технологических и эксплуатационных характеристик цементных растворов и бетонов достаточно часто используются различные модифицирующие добавки. В последние годы все более широкое распространение для повышения реологических характеристик бетонов приобретают пластификаторы на поликарбоксилатной основе, обладающие чрезвычайно высокой пластифицирующей способностью. Однако применение данных модификаторов, учитывая их высокую стоимость, приводит к значительному росту цен на готовую продукцию.

Результаты ранее проведенных авторами исследований свидетельствуют о возможности достижения высоких прочностных и реологических характеристик вяжущих цементных бетонов без существенного возрастания себестоимости за счет снижения расхода поликарбоксилатных пластификаторов при модификации их аддуктами нанокластеров

углерода (АНКУ; техническое название «Астрален С», производитель — ЗАО «НТЦ Прикладных Нанотехнологий», г. Санкт-Петербург).

Исследования проводились на портландцементе (ЦЕМ I 42,5Б), выпускаемом компанией ОАО «Мордовцемент». В ходе работы были использованы 4 вида поли-карбоксилатных пластификаторов торговой марки Melflux (1641 F, 2642 F, 2651 F, 5581 F) производства немецкой фирмы BASF Construction Polymers GmbH, а также нафталинформальдегидный пластификатор «Супернафт». Концентрация пластификаторов принималась в диапазоне от 0 до 0.6 % от массы цемента; концентрация АНКУ не превышала 6% от массы пластификатора (0.006 % от массы цемента); водоцементное отношение варьировалось от 0.27 до 0.29.

Анализ изменения реологических характеристик проводился по расплыву цементного теста. Установлено, что наибольшее пластифицирующее воздействие используемых поликарбоксилатных пластификаторов Melflux (1641 F, 2642 F, 2651 F, 5581 F) наблюдается при введении их в состав ЦК в интервале $0.3 \div 0.6\%$ от массы цемента. Оценку эффективности введения АНКУ проводили на основе анализа прироста распыла цементного теста, определяемого как отношение распыла состава с модификатором к значению, полученному для состава без модификатора при том же расходе пластификатора и В/Ц отношении. Установлено, что максимальный эффект от введения нанодобавки при использовании пластификатора «Супернафт», составляющий 22% ($V/C=0,27$), наблюдается при максимальном содержании АНКУ (0.006% от массы цемента. Для поликарбоксилатных пластификаторов максимальный эффект от введения АНКУ при В/Ц отношении 0,27 варьируется в зависимости от марки от 21 до 39%. При повышении В/Ц отношения до 0,29 эффективность совместного введения нанодобавки

и всех видов исследуемых пластификаторов снижается, не превышая $5 \div 10$ %.

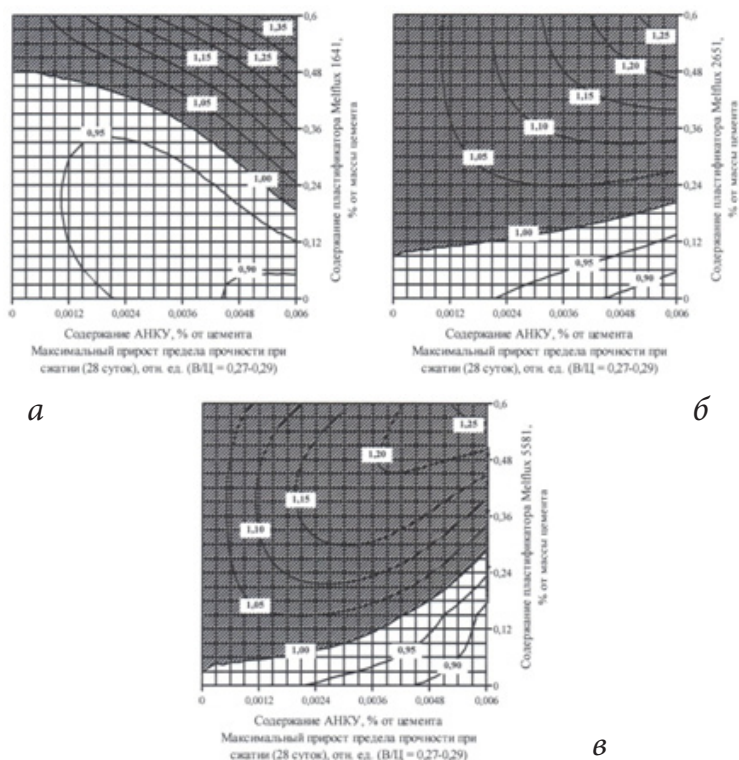


Рис. 1. Максимальный прирост предела прочности при сжатии (28 суток) цементных композитов (отн.ед.), модифицированных аддуктами нанокластеров углерода в присутствии пластификаторов ($B/C = 0,27 \div 0,29$):

а — Melflux 1641 F; б — Melflux 2651 F; в — Melflux 5581 F

Анализ влияния наномодифицирования на прочностные показатели цементных композитов показал возможность существенного повышения предела прочности при сжатии

в возрасте 28 суток при комплексном использовании АНКУ и поликарбонатных пластификаторов. Максимальный эффект, составляющий 41%, достигается при использовании пластификатора Melflux 1641 F (рис. 1, а). Для добавок Melflux 2651 F и Melflux 5581 F зафиксирован прирост предела прочности при сжатии до 29% (рис. 1, б, в). Для составов с пластификатором «Супранафт» максимальный прирост предела прочности при сжатии достигает 6 %.

Технологии и явления наноразмерных объектов

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРАФЕНСОДЕРЖАЩЕГО ПАЛЛАДИЕВОГО КАТАЛИЗАТОРА

П.А. Калмыков¹, А.А. Арбузов², Н.А. Магдалинова¹,
М.В. Ключев¹

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ивановский государственный университет». Иваново, Россия. k_p.a@mail.ru

² Институт проблем химической физики РАН. Черноголовка, Россия. arbutov@icp.ac.ru

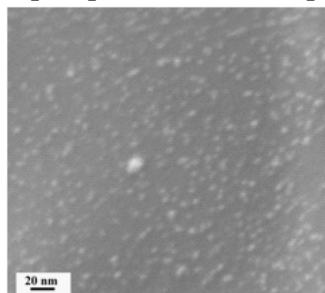
Создание и изучение новых катализаторов гидрирования остается актуальной задачей. В последнее время повышенный интерес проявляется к использованию в качестве углеродных носителей графеновых структур, в том числе химически модифицированных. Такие носители обладают высокой удельной поверхностью, а также имеют на поверхности функциональные группы, необходимые для закрепления металлов.

Целью работы являлось изучение палладийсодержащих катализаторов на основе модифицированного оксида графена в реакциях гидрогенизации.

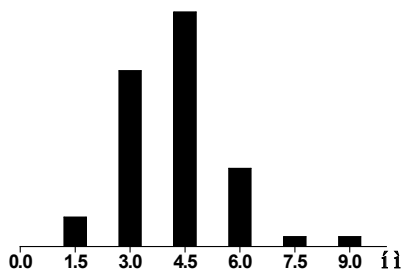
Оксид графена (ОГ) получали из оксида графита модифицированным методом Хаммерса и Оффемана [1]: оксид графита диспергировали в бутаноле-1 на ультразвуковой ванне с частотой 40 кГц в течение 3 часов до получения однородной массы расслоенного ОГ. Полученный оксид графена исследовали ИК- и КР-спектроскопией, термогравиметрическим и элементным анализами.

Катализатор готовили методом пропитки ОГ раствором соли PdCl_2 в этаноле. Порошок модифицированного ОГ 300 мг диспергировали в 40 мл этанола в течение 15 минут. Затем при температуре 318 К добавляли спиртовой раствор хлорида палладия и перемешивали на магнитной мешалке в течение 45 минут. Восстановление катализатора проводили непосредственно перед реакцией добавлением 10 мг боргидрида натрия в атмосфере водорода в течение 10 минут.

На рисунке представлена микрофотография полученного катализатора после реакции гидрогенизации 3 порций циклогексена и размер частиц металла на поверхности катализатора (диаграмма). Частицы металла имеют сферическую структуру с максимумом распределения по размерам от 3 до 6 нм. Частицы распределены по поверхности равномерно.

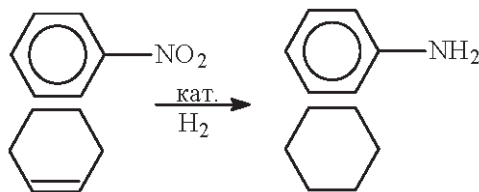


Рисунок



Диаграмма

Готовую суспензию использовали в качестве катализатора в модельных реакциях гидрирования нитробензола и циклогексена (схема) в мягких условиях ($P_{H_2}=0.1$ МПа, $T=318$ К, растворитель — этанол, количество субстрата 1 ммоль).



Схема

Анализ продуктов реакции гидрирования проводили методом газожидкостной хроматографии на серийном хроматографе модели 3700 с пламенно-ионизационным детектором. Конверсия субстратов составила 100%. Побочных продуктов не обнаружено.

Палладийсодержащий оксид графена оказался каталитически активным в изучаемых реакциях. При использовании исследуемого образца в гидрировании последовательно нескольких порций субстрата без выделения катализатора наблюдается увеличение скорости, что указывает на его разработку. При повторном использовании катализатора после выделения, промывки и сушки его активность сохраняется и остается постоянной.

*Работа поддержана грантом
РФФИ № 12-03-97546-р_центр_а.*

Литература

1. W.S. Hummers, R.E. Offeman. Preparation of graphitic oxide. J. Am. Chem. Soc., 1958, 80, 6, 1339.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИОННЫХ ЛИОТРОПНЫХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ ДОДЕЦИЛБЕНЗОЛСУЛЬФОНАТА КАЛИЯ

А.В. Кузьмин, Е.В. Юртов

Российский химико-технологический университет им. Менделеева. Москва, Россия. andvas89@gmail.com

Большой интерес в последнее время вызывают электрические свойства ионных жидких кристаллов как термотропных [1,2] так и лиотропных [2], а также композитов на их основе [1]. Как известно, жидкие кристаллы обладают рядом особенностей, таких как текучесть и анизотропия свойств, в том числе электрических, но при этом обладают определённой упорядоченной структурой, которая может различаться для разных веществ, в зависимости от состава и температуры. В данной работе получены и изучены ионные лиотропные жидкие кристаллы на основе додецилбензолсульфоната калия (ДБСК).

Были приготовлены образцы лиотропного жидкого кристалла на водной основе из ДБСК с различным составом. Полученные жидкие кристаллы были исследованы с помощью поляризационного микроскопа Axiostarplus (Carl Zeiss, Германия) в проходящем и поляризованном свете для подтверждения наличия жидкокристаллической фазы. Ламеллярная жидкокристаллическая фаза ДБСК существует в интервале концентраций 60-90 мас.%. Кроме этого есть двухфазная область где наряду с ламеллярной фазой присутствует и мицеллярная изотропная фаза в интервале концентраций 25÷60 мас.%.

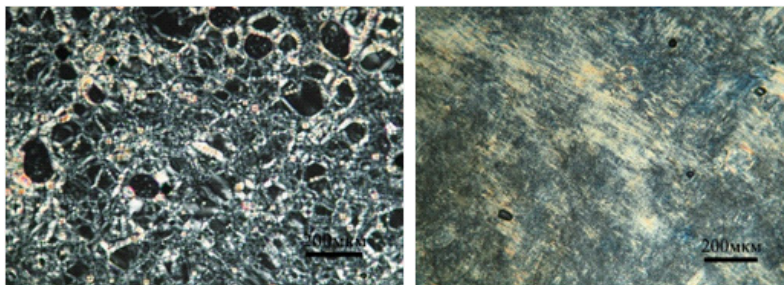


Рис 1. Фотографии образцов ЖК в поляризованном свете. Двухфазная область и ламеллярная фаза додецилбензолсульфоната калия.

Измерения были проведены в интервале частот $0,5 \text{ Гц} \div 0,5 \text{ МГц}$, на приборе фирмы Elins (г. Черноголовка), Impedancemeter Z-500P. Проводимость определялась путем экстраполяции высокочастотной части годографа на ось активных сопротивлений.

Для измерений использовалась симметричная четырехэлектродная ячейка. Такая схема расположения электродов позволяет выделить только частотную зависимость процессов, происходящих в электролите и исключить процессы на границах электрод/электролит. Так же из общего импеданса ячейки исключается импеданс токоподводов, что повышает точность полученных данных. Ячейка была изготовлена из пластины фторопласта и четырех полированных никелевых электродов.

Наибольшей проводимостью для системы на основе ДБСК обладает двухфазная область $16,2 \text{ мСм/см}$ при концентрации $36,7 \text{ мас.}\%$. Переход из двухфазной области в область ламеллярного жидкого кристалла приводит к значительному снижению проводимости. В дальнейшем для ламеллярной фазы проводимость меняется незначительно, и составляет $2,8 \text{ мСм/см}$ при концентрации $90 \text{ мас.}\%$. Можно сделать вывод, что основной вклад в проводимость вносит именно изотропная мицеллярная фаза, с уменьшением ее доли проводимость снижается и, в конечном счете, это приводит к значительному снижению

проводимости на границе двухфазной области и ламеллярного жидкого кристалла.

Литература

1. N. Lebovka et al. Phase transitions, intermolecular interactions and electrical conductivity behavior in carbon multiwalled nanotubes/nematic liquid crystal composites // Journal of Molecular Structure, 2008, № 887, p. 135–143.

2. Y. Garbovskiy et al. Electrical conductivity of lyotropic and thermotropic ionic liquid crystals consisting of metal alkanoates // Liquid Crystals, 2007, Vol. 34, p. 599–603

МАГНИТНАЯ АНИЗОТРОПИЯ ОДНОДОМЕННЫХ ЧАСТИЦ

С.В. Михайлин¹, В.И. Пятинов²

¹ ОАО Центральный научно-исследовательский технологический институт «ТЕХНОМАШ». Москва, Россия. criti-sm@yandex.ru

² Институт проблем химической физики РАН. Черноголовка, Московская область, Россия. petinov@icp.ac.ru

Теоретически рассчитано влияние второй константы магнитной анизотропии K_2 на коэрцитивность (коэрцитивная сила H_c и относительная остаточная намагниченность j_r) ансамблей однодоменных частиц с одноосной или кристаллографической анизотропиями. Показано, что величина K_2 влияет на H_c ансамбля частиц, сохраняя величину j_r неизменной. Теоретически и экспериментально установлено, что в однодоменных частицах сферической формы с кубической структурой,

имеет место конкуренция между наведённой одноосной и кристаллографической анизотропией. До тех пор пока отношение $K_{lc}/K_{lu} < 5$ (K_{lc} и K_{lu} — константы кристаллографической и наведённой одноосной анизотропий) K_{lu} влияет на H_c и j_r ансамблей частиц. Если направление наведённой одноосной анизотропии совпадает с кристаллографическими осями $\langle 111 \rangle$ или $\langle 100 \rangle$, то в зависимостях H_c и J_r от отношения K_{lc}/K_{lu} появляются минимумы. В области $300 \div 10K$ исследовано влияние температуры на H_c и j_r однодоменных сферических частиц 12 магнитных 3d-сплавов и оксида $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Обнаружено влияние на H_c и j_r кристаллографической анизотропии при низких температурах ($T < 250K$) и определяющее влияние одноосной анизотропии в области $T > 250K$.

PACS: 75.50. Tt

ПРЯМЫЕ НАНОЭМУЛЬСИИ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ TWEEN 80, TWEEN 60, SPAN 80, SPAN 60

Т.Ю. Наговицына, Д.А. Быданов, М.Ю. Королева

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева. Москва, Россия. nagovitsina.t@yandex.ru, m.yu.kor@gmail.com

В последнее время наноэмульсиям (НЭ) уделяется повышенное внимание благодаря их возможному применению в косметической и фармацевтической отрасли. Такие дисперсные системы могут быть использованы для инкапсулирова-

ния и трансдермальной доставки лекарственных препаратов и биоактивных компонентов в организм человека.

НЭ — кинетически стабильные системы с диаметром капель дисперсной фазы менее 100 нм. Прямые НЭ неустойчивы к остwaldову созреванию. Скорость остwaldова созревания можно уменьшить при создании твердой оболочки на поверхности капель дисперсной фазы в НЭ.

В работе изучались прямые НЭ состава углеводородное масло — смесь неионогенных ПАВ — 0,17 М водный раствор NaCl. Для стабилизации эмульсий были использованы следующие смеси неионогенных ПАВ: Tween 80 + Span 80; Tween 60 + Span 80; Tween 80 + Span 60; Tween 80 + Tween 60 + Span 60. Суммарная концентрация ПАВ в эмульсии составляла 1,25 об.%. Доля дисперсной фазы была равна 25 об.%. Для получения прямых наноэмульсий применялся низкоэнергетический метод — метод температурной инверсии фаз.

Tween 80 и Span 80 при температуре 25 °C представляли собой жидкости, а Tween 60 и Span 60 — твердые вещества. В таблице 1 приведены температуры плавления ПАВ и их смесей.

В работе были получены прямые НЭ с объемным соотношением Tween/Span: от 1,5 до 4,0. На рис. 1 представлена зависимость диаметра капель дисперсной фазы в НЭ от объемного соотношения Tween/Span. Значения ГЛБ Tween 80 и Tween 60 различаются незначительно — 15,0 и 14,9, соответственно. Поэтому для смеси трех ПАВ использовалось соотношение (Tween 80 + Tween 60)/Span 60. На всех зависимостях имелся минимум при объемном соотношении Tween/Span, равном 2,3. При температуре инверсии фаз смеси ПАВ в данном объемном соотношении находились в жидком состоянии, поэтому происходило формирование капель нанометрового размера.

Таблица 1.

Температура плавления ПАВ и их смесей,
использованных для стабилизации прямых НЭ

Тип ПАВ	Объемное соотношение Tween/Span	Тпл, °С
Tween 60		27
Span 60		57
Tween 80 + Tween 60		20
Tween 60 + Span 80	2,3	20
Tween 80 + Span 60	2,3	54
Tween 60 + Span 60	2,3	50
Tween 80 + Tween 60 + Span 60	2,3	49

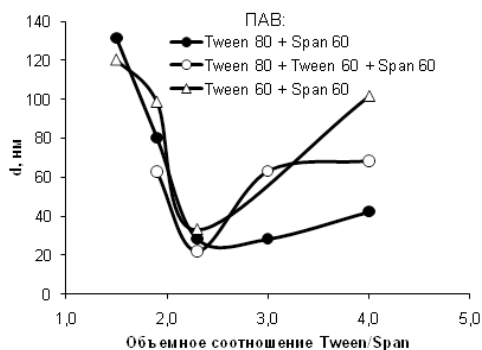


Рис. 1. Зависимость диаметра капель дисперсной фазы в НЭ от объемного соотношения Tween/Span

Наименьший диаметр капель дисперсной фазы — 22 нм был в эмульсиях, стабилизированных смесью Tween 80 + Tween 60 + Span 60. В таких НЭ при 25 °С адсорбционный слой на поверхности капель масла находился в твердообразном состоянии, поэтому такие дисперсные системы должны быть более устойчивы к оствальдову созреванию.

ГЕНЕЗИС НЕОБЫЧНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СВОЙСТВ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ ОКСИДНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ

А.Я.Нейман¹, Н.Н.Пестерева¹, Н.Ф.Уваров², Е.А.Котёнева¹,
Д.В. Корона¹

¹ Уральский федеральный университет. Екатеринбург, Россия.
arkady.neiman@usu.ru

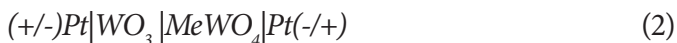
² Институт химии твердого тела и механохимии. Новосибирск,
Россия. *ivarov@gmail.com*

Известно, что интерфейсы являются наноразмерными объектами как в микро- так и в наноструктурированных материалах. В итоге многолетних исследований, нами обнаружен ряд неизвестных ранее явлений и процессов, в значительной степени раскрывающих генезис транспортных свойств нанокompозитов.

Так, при проведении реакций синтеза молибдатов и вольфраматов в модельных электрохимических ячейках типа

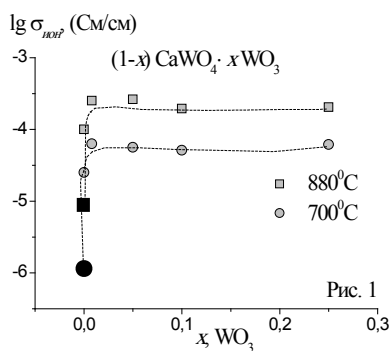


продуктами, которых являются $MeW(Mo)O_4$ было обнаружено нефарадеевское поведение — выход по току достигал 10 000% и втягивание диффузанта $MoO_3 (WO_3)$ на внутреннюю поверхность продукта. Однако, наиболее интересное поведение обнаружили при экспериментах с нереакционными ячейками



При полярности $(-|+)$ обнаружили явление электропереносного переноса WO_3 — макроскопические количества WO_3 твердофазно растекались и втягивались на внутреннюю поверхность $MeWO_4$. Данное поведение по своей картине было сходно с явлением электрокапиллярности, известным в классических электрохимических системах.

Однако, наибольший интерес представило поведение эвтектических композитов неизвестного ранее типа «полупроводник | диэлектрик», например композита состава $\{MeWO_4 \cdot xWO_3\}$. Так, добавка 1% полупроводника n-типа WO_3 к диэлектрику $CaWO_4$, имеющего низкую проводимость, приводит к образованию композита Максвелловского типа и 2-х порядковому росту проводимости, которая в широком интервале концентрации WO_3 становится доминирующей ионной. Поскольку, чисто ионная проводимость генетически не присуща ни одному из компонентов, то подобные композиты были названы «метакомпозитами», рис.1.



Подобное поведение демонстрируют и композиты $MeWO_4 \cdot xWO_3$ ($Me - Sr, Ba$).

Применение комплекса электрохимических методов, РФЛА, ВТРФА и СЭМ-ЭДА привело к заключению, что при твердофазном растекании WO_3 (самопроизвольном диспергировании) на интерфейсе образуется наноплёнка неавтономной фазы $MeW-s$, обладающей низкой поверхностной энергией и высокой подвижностью по поверхности $MeWO_4$ и WO_3 . Согласно данным РФЭС состав $MeW-s$ близок $W/Me \approx 2$. Проводимость $MeW-s$ является электролитической и составляет $\approx 10^{-1}$ См/см при $900^\circ C$.

Неавтономные фазы отсутствуют на равновесных диаграммах состояния, являются малоизученными объектами, их свойства радикально отличаются от свойств объёмных фаз. Образование $MeW-s$ происходит в результате сильного межфазного взаимодействия $MeWO_4$ с xWO_3 химической природы, основной вклад в которое дает силовое поле поверхности $MeWO_4$. Исторически первыми примерами НА-фаз являются

поверхностные оксиды Ленгмюра и Шилова.

Укажем на основные отличительные черты неавтономных фаз (НА):

(i) НА устойчивы исключительно в контакте со всеми компонентами их образовавшими, удаление контакта с одним из них приводит к распаду НА.

(ii) НА-фазы не имеют границы раздела с подложкой, на которой они образовались, в силу чего термодинамически они устойчивее объёмных фаз (не затрачивается энергия на образование границы раздела).

Есть основания полагать, что именно особенности поведения вещества в неавтономном состоянии определяют основные функциональные свойства нанокompозитов, особенно величину и природу их проводимости.

*Работа поддержана грантами
РФФИ 11-03-01209-а, РФФИ УРАЛ 13-03-96114,
правительством Свердловской области
и грантом конкурса молодых учёных УрФУ.*

АЭРОГЕЛЬ AlOON И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ НАУКИ И ТЕХНИКИ

А.А. Осипов, П.Н. Мартынов, Р.Ш. Асхадуллин

*Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского.
Обнинск, Россия. osipov177@yandex.ru*

Предложена жидкометаллическая технология [1] синтеза аэрогеля AlOON , заключающаяся в селективном окислении бинарных расплавов Ga-Al и Bi-Al водяным паром. Предложен-

ная технология позволяет синтезировать наноструктурный материал с уникальными физико-химическими свойствами. Проведенные исследования показывают, что аэрогель AlOOH является интересным физическим объектом, как с фундаментальной точки зрения, например при изучении влияние примесей на сверхтекучесть [2], так и с практической стороны, например для получения устройств и изделий с добавками аэрогеля AlOOH с повышенными технико-экономическими характеристиками [3]. Жидкометаллическая технология имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными технологиями и позволяет снизить трудоемкость и стоимость (на порядок) аэрогеля в сравнении с существующими технологиями. Это открывает качественно новые возможности практического применения наноструктурного аэрогеля AlOOH при разработке специальной тепло- и электроизоляции; разработке высокотемпературных керамических материалов; разработке новых сорбентов для очистки жидкостей и газов; разработке нового поколения катализаторов и их носителей для использования в химических производствах; разработке новых полимерных материалов.

Литература

1. R. Sh. Askhadullin, P.N. Martynov, A.A. Osipov et. al. Liquid metal based technology of synthesis of nanostructured materials (by the example of oxides). These materials properties and applications areas //J. Phys.: Conf. Ser. 98, 072012 (2008).
2. V.V. Dmitriev, R.Sh. Askhadullin, P.N. Martynov, A.A. Osipov, D.A. Krasnikhin, A.A. Senin, A.N. Yudin. Phase diagram of superfluid ^3He in "nematic order" aerogel //JETP Letters, vol. 95, iss. 6, pp. 355 - 360, 2012.

СПОСОБ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЧАСТИЦ

И.И. Титова, А.О.Титов, О.П.Титов

*Восточно-Сибирский государственный университет технологий
и управления. Россия. fibrilla45@mail.ru*

Недавними работами было показано, что поверхностную активность материалов можно определять, не используя общепринятые методы исследований и не определяя поверхностное натяжение и краевой угол смачивания — две основных характеристики, использовавшиеся до недавнего времени для оценки поверхностной активности [1 - 3]. Особый интерес новые методы представляют для оценки поверхностных свойств дисперсных материалов, которые традиционными методами определить практически не возможно.

Проводя исследования в этом направлении, нами было обнаружено, что при взаимодействии поверхностно-активных веществ со слоем воды над просеянным дисперсным материалом появляются движущиеся объекты, причем, объекты больше чем взятые для исследования частицы дисперсного материала. Частицы как бы объединяются, а при движении изменяют свою форму.

Обнаруженные движущиеся объекты можно подразделить на несколько видов: крупные объекты по виду напоминающие НЛО; крупные объекты по виду напоминающие агломераты частиц; точечные черные движущиеся объекты; подводные объекты; точечные объекты, совершающие циклические движения; стержневидные объекты; быстро движущиеся подводные объекты. На рисунке 1 представлен один из видов движущихся объектов.

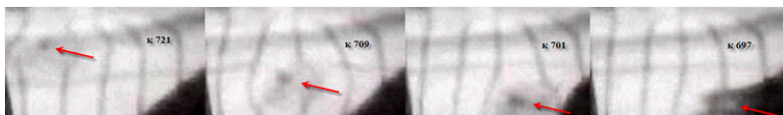


Рис.1. Первый тип движущихся объектов. Крупные напоминающие НЛО. Начало движения кадр 697. Продолжение кадры 701 – 721. Стрелками помечено положение объекта. Скорость движения объекта 3 – 4 мм/сек. Его размер более 3 мм. (Перед исследованием дисперсные материалы просеивались через сито с отверстиями 1 мм) Темная точка в центре около 1 мм. (перемещение объекта справа налево, вверх). В тени (к 697) темная точка в центре объекта выглядит светлой (на темном фоне). А на светлом фоне темная точка в центре объекта становится темной (к 701 – 721). Это можно интерпретировать как свечение объекта.

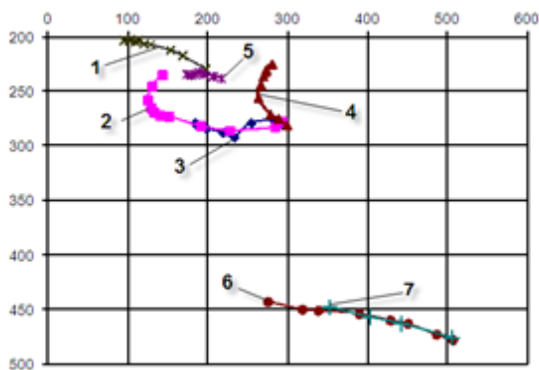


Рис. 2. Траектории движения объектов на кадре размером 640х480 пикселей.

1. Точечный объект направление движения справа налево.
2. Объект в виде большого агломерата направление движения слева направо.

3. Круглая точка направление движения слева направо.
4. Круглая точка направление движения снизу вверх
5. Круглая точка направление движения справа налево.
6. Круглая точка направление движения справа налево.
7. Круглая точка направление движения справа налево.

На рис. 2 представлены траектории движения объектов разного характера замеченных в одном опыте. После взаимодействия ПАВ изобутиловый спирт с поверхностью слоя песка первым начал движение объект 3 в виде черной круглой точки. За ним начал перемещаться объект в виде агломерата 2. Оба эти объекта переместились в одну и ту же точку, из которой затем начал перемещаться объект 4. Объекты 5 и 1 начали свое перемещение во время перемещения объектов 2 и 3. Объекты 6 и 7 начали перемещаться в конце съемки. Из наблюдений сложилось впечатление, что объекты 5 и 1 получили свое движение из той же точки, что и объект 4.

Объяснить причины образования и движения объектов пока не представляется возможным, так как эти вопросы требуют дополнительных исследований. Имеющимися на сегодняшний момент теоретическими воззрениями можно объяснить лишь частично перемещение объектов по поверхности за счет изменения поверхностного натяжения при внесении ПАВ. Но имеются и объекты, перемещающиеся под поверхностью воды. То есть, нет поверхностей раздела фаз. И соответственно движущих сил в виде поверхностного натяжения. Возможно, что это химический процесс создает движущую силу для объединившихся объектов, выступающих в качестве катализаторов окисления внесенных в систему поверхностно-активных веществ. В качестве окисляемых могут выступать и другие вещества органического происхождения. Например, известно, что воды Байкала светятся. Предполагают, что это происходит за счет окислительных процессов органических веществ от чего возникает хемоллюминесценция. [4]

Исследование появления и движения объектов позволит разработать способы управления их движением и построением из этих объектов более крупных систем. Большое значение могут иметь движущиеся объекты для создания двигателей наноразмерного диапазона, которые можно использовать для различных целей, например сборки наночастиц в более крупные конфигурации. Или для транспортировки других объектов к местам реакций или для оценки товароведческих свойств различных порошкообразных и сыпучих материалов. Например, для характеристики различных видов песков.

Кроме того этим способом можно характеризовать порошковые и сыпучие наноматериалы по скорости перемещения жидкости по поверхности слоя материала не определяя поверхностное натяжение и краевой угол смачивания.

Литература

1. А.О. Титов, О.П. Титов, М.О. Титов Способ определения количества жидкости, перемещаемой поверхностно-активным веществом. Патент № 2362141, 2007.
2. A O Titov, O P Titov, M O Titov, A N Karbainov Moving liquid surfactant as a way of assessing the properties of surfactant, liquids and surfaces. Доклад на III нанофоруме, Москва, ноябрь 2010.
3. http://www.nanometer.ru/2010/11/05/internet_olimpiada_220718.html
4. <http://chudesamag.ru/sverhestestvennoe/v-baykale-svetitsya-voda-chtotam-proishodit.html>; <http://www.vesti.ru/doc.html?id=822533&cid=7>

ИЗМЕНЕНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛАСТЕРОВ АКВАКОМПЛЕКСОВ ХЛОРИДА КОБАЛЬТА В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕЙСТВИЯ НА РАСТВОР ВЧ ПОЛЯ

Б.П.Шипунов, Ю.М.Чащевая

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет». Барнаул, Россия. *sbp@mc.asu.ru, chashewayayulida@yandex.ru*

Проблема исследования изменения внутренней организации воды и водных растворов в результате воздействия электромагнитных полей малой мощности до настоящего момента остается нерешенной. Это обусловлено динамичностью таких систем, по сравнению со временем измерения. Вопрос о механизмах влияния электромагнитных полей на воду, и водосодержащие объекты встает с особой остротой в связи с возрастающей плотностью искусственных электромагнитных полей различного частотного диапазона. Поскольку аквакомплексы, к которым относятся кристаллогидраты, включают в свою структуру молекулы изолированные из раствора, следует ожидать отклика либо в структуре комплекса, либо в особенностях взаимодействия молекул воды со всеми координирующими элементами как результат полевого воздействия.

Цель данного исследования состояла в определении специфичности воздействия определённых частот ВЧ поля в диапазоне 30÷200 МГц на раствор хлорида кобальта и влияние полевого воздействия на изменение силового взаимодействия в структуре аквакомплекса, в первую очередь — молекул воды ионом комплексообразователем. Выбор объекта обусловлен

особенностью строения кристаллогидрата и аквакомплекса, в составе которого имеются молекулы воды как непосредственно связанные с ионом комплексообразователем, так и «мостиковые» молекулы, соединяющие кластеры в каркасную систему. Воздействию поля подвергались ненасыщенные растворы хлорида кобальта. Облученные пробы переливались в стеклянные стаканы, которые закрывались фильтровальной бумагой до выпадения обильного осадка. Для исследования использовался метод ИК спектроскопии взвесей с NaCl, называемый еще методом прессования таблеток. Предварительно подготавливался NaCl, который служил матрицей. Из раствора бралась осушенная навеска кристаллов $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (1 мг), взвешивалась на торсионных весах, тщательно смешивалась и растиралась в агатовой ступке со спектроскопически чистым хлоридом натрия (2 г). Затем, путем твердофазного разбавления, из полученной смеси отбиралось 30 мг смеси, смешивалось с хлоридом натрия (1г) и еще раз тщательно измельчалось в агатовой ступке. Полученная проба помещалась в бюкс, а во второй бюкс помещалось 30 мг чистого NaCl. Смеси прессовались в полупрозрачные таблетки. Спектр полученного образца измерялся с помощью спектрофотометра Инфралом ФТ801 (Simax) относительно диска, приготовленного из чистого NaCl, помещенного во второй канал прибора.

Полученные спектроскопические данные выявили заметное отличие как в числе колебательных мод, так и в их относительной интенсивности, для образцов, полученных в результате воздействия ВЧ поля различной частоты по сравнению с необлученными образцами и между собой.

Наиболее сильные изменения наблюдались в области $3400 \dots 3500 \text{ см}^{-1}$, которые характерны для валентных колебаний слабо координированных молекул воды. Вторая группа полос в области частот $1390 \div 1670 \text{ см}^{-1}$ соответствует деформационным колебаниям и отражает степень напряженности

углового положения, вызванного неидеальностью совпадения углов орбиталей ионов кобальта и молекул воды как непосредственно с ним связанных, так и координированных аквакомплексом. Наиболее ярко проявляется отличие в спектрах для кристаллов, подвергшихся воздействию в растворе полем частотой 30 и 110 МГц. Кроме этого наблюдалось появление полос, которые не характерны для образцов, не подвергавшихся полемому воздействию. Это полосы в области частот 2190 см^{-1} . Анализируя полученные данные можно с достаточным основанием утверждать, что изменения в силовых характеристиках кластеров хлорида кобальта напрямую связано с изменением в силовых взаимодействиях молекул воды в растворе. Судя по «обогащению» спектра объектов, подвергшихся полемому воздействию явно проявляется уменьшение «добротности» осциллятора, которая может служить доказательством разрыхления водородных связей и появления изменений в энергетике взаимодействия молекул воды как результат когерентных колебаний во внешнем осциллирующем поле.

Сборник тезисов пятой ежегодной конференции
Нанотехнологического общества России.

Научное издание

Ответственные за выпуск:

Г.В. Давыдова

Г.А. Ковалева

Составление и научная редакция:

И.П. Арсентьева

Подписано в печать 09.12.2013 г.

Формат 60*90/16. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Тираж 500 экз. Усл. печ. л. 10

ООО «Издательство Практика». 2013 г.

тел. 8(499) 390-96-60

e-mail: publish.practice@mail.ru

Компьютерная верстка: ООО «Издательство Практика»

Корректор: И.В. Жарикова

ISBN 978-5-906203-06-9

© ООО «Издательство Практика»