

НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЩЕСТВО РОССИИ

Сборник тезисов
VI ежегодной конференции
Нанотехнологического общества
России

19 декабря 2014

г. Москва

<http://www.rusnor.org>

Сборник тезисов VI ежегодной конференции
Нанотехнологического общества России.

Научное издание

Ответственный за выпуск к.б.н. Андреюк Д.С.

Научный редактор д.т.н. Быков В.А.



Оглавление

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПОКРЫТИЯ	6
ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ СОПРОТИВЛЕНИЯ СЛОЕВ НАНОМАТЕРИАЛОВ С УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ	
Герасименко А.Ю. ¹ , Ичкитидзе Л.П. ^{1*} , Подгаецкий В.М. ¹ , Селищев С.В. ¹ , Благов Е.В. ² , Павлов А.А. ² , Кицюк Е.П. ³ , Шаман Ю.П. ³	6
ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ИК- ВОЛОКОН НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ {AgCl, AgBr}(τ)	
Гребнева А.А. ^{1,2} , Булатов Н.К. ¹ , Жукова Л.В. ¹ , Пальчикова А.Д. ¹ , Сутчук А.Л. ¹	8
ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ СЛОЕВ КОМПОЗИТНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ	
Ичкитидзе Л.П., Подгаецкий В.М., Герасименко А.Ю.	11
КАТАЛИЗАТОРЫ ГИДРИРОВАНИЯ И ГИДРОАМИНИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ Pd, Pt И УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ	
Калмыков П.А., Магдалинова Н.А., Ключев М.В.	14
МОДИФИКАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ6 ПОСЛЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ	
Кобзарева Т.Ю. ¹ , Будовских Е.А. ¹ , Романов Д.А., Громов В.Е. ¹	17
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ МАГНИТОТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МАРГАНЦА	
Миляев И.М., Юсупов В.С., Стельмашок С.И., Миляев А.И.	20
АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ГРАДИЕНТНОЙ СТРУКТУРОЙ	
Невский С.А., Сарычев В.Д., Громов В.Е.	23
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ ТИТАН- ИТТРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ И ЭЛЕКТРОННО- ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ	
Соснин К.В. ¹ , Громов В.Е. ¹ , Будовских Е.А. ¹ , Иванов Ю.Ф. ^{2,3} , Олесюк О.В. ¹	25
КАРАНДАШ ТВЕРДОЙ СМАЗКИ С НАПОЛНИТЕЛЯМИ ИЗ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ	
Шевченко В.Г., Рябина А.В., Торокин В.В., Алехина В.Д.	27
НАНОБИОМЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ	29
ПОЛУЧЕНИЕ НУКЛЕОТИДНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ БЕЛКА ШИПИКОВОГО АППАРАТА СИНАПТОПОДИНА	
Борисова Е.В., Епифанова Е.А., Салина В.А., Бабаев А.А.	29



ВЕКТОРНАЯ ДОСТАВКА ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ С ПОМОЩЬЮ МАГНИТНЫХ ЧАСТИЦ	
Ичкитидзе Л.П., Голубева А.О., Шичкин Н.Ю.	31
ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ УЧАСТКОВ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ ТОЧЕК (БАТ).....	
Ситанов Д.В.	34
НАНОТЕХНОЛОГИИ В МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ И ПРИБОРОСТРОЕНИИ.....	37
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЭМС АКТИВНЫХ ЦЕНТРОВ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ И МИКРОСТРУКТУРНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ	
Безносюк С.А., Неудахин А.Г.	37
ИК-СВЕТОВОДЫ НАНО- И МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ДЛЯ ОБНУЛЯЮЩЕЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ	
Врублевский Д.С., Жукова Л.В., Корсаков А.С., Салимгареев Д.Д., Шмыгалев А.С., Львов А.Е.	39
ДАТЧИКИ ГАЗОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК	
Ичкитидзе Л.П., Бубнова Е.А., Корнилов С.С.	41
ДАТЧИКИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ	
Ичкитидзе Л.П. ^{1*} , Преображенский Р.Ю. ¹ , Гаврюшина М.Л. ²	44
ФОТОННО-КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ИК-СВЕТОВОДЫ НА ОСНОВЕ ДЕФЕКТНЫХ КРИСТАЛЛОВ	
Корсаков А.С., Жукова Л.В., Львов А.С., Торкунова Н.А., Кашуба И.А.	47
СУПЕРКОНДЕНСАТОР С Li ПРОВОДЯЩИМИ ЛИОТРОПНЫМИ ЖИДКИМИ КРИСТАЛЛАМИ В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОЛИТА	
Кузьмин А.В., Юртов Е.В.	50
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В НАНОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТАХ.....	52
КВАНТОВАЯ ЗАПУТАННОСТЬ И ПАРАДОКС ИН	
Ивасышин Г.С.	52
ОРГАНИЗАЦИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ В СФЕРЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ.61	
ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В РОССИЙСКИХ ШКОЛАХ НА ПРИМЕРЕ СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ	
Гордеев Ю.А.	61
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНСТРУКЦИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОМАТЕРИАЛОВ.....	
Раткин Л.С.	66



НАНОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ «НАНОСПУТНИКОВ»: ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ	68
Раткин Л.С.....	68
ОТЕЧЕСТВЕННАЯ НАНОИНДУСТРИЯ В УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ: «РЕАЛЬНЫЕ» И «МНИМЫЕ» КОНКУРЕНТЫ РОССИИ НА МИРОВОМ ОТРАСЛЕВОМ РЫНКЕ	70
Раткин Л.С.....	70
ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ИХ РЕШЕНИЕ	72
Соколов Д.Ю.....	72
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ КАК ПОЛИГОНА ОСВОЕНИЯ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ	78
Федотовских А.В.	78
АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	81



НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПОКРЫТИЯ

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ СОПРОТИВЛЕНИЯ СЛОЕВ НАНОМАТЕРИАЛОВ С УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Герасименко А.Ю.¹, Ичкитидзе Л.П.^{1*}, Подгаецкий В.М.¹, Селищев С.В.¹,
Благов Е.В.², Павлов А.А.², Кицюк Е.П.³, Шаман Ю.П.³

¹Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,
МИЭТ, Зеленоград, Москва, 124498 *эл-почта:
leo852@inbox.ru

²Институт нанотехнологий микроэлектроники РАН, Москва,
119991

³НПК «Технологический центр», МИЭТ, Зеленоград, Москва,
124498

Температурный коэффициент сопротивления α является одним из важных параметров элементов, для которых температурный режим определяет их функционирование. Например, для болометров требуются высокие $\alpha > 10^2 \text{ K}^{-1}$, тогда как для проводящих соединительных элементов, в том числе наноразмерных элементов, допустимы только низкие $\alpha < 10^{-2} \text{ K}^{-1}$.

Пленки (массивы) из углеродных нанотрубок (УНТ) обладают высокой болометрической чувствительностью относительно электромагнитного излучения (ЭМИ). Она достигает больших значений $\alpha \gg 1$ при расположении оси УНТ перпендикулярно (вертикально) плоскости подложки, поскольку в этом случае поглощение ЭМИ приближается к 100%. В другом расположении, когда оси УНТ имеют параллельную (горизонтально) ориентацию относительно плоскости пленки, значение $\alpha \ll 1$. В этом варианте есть возможность значительно менять α , когда УНТ в качестве наполнителя помещается в матрицу полимера. Действительно, в слоях



композитного наноматериала, состоящих из матрицы карбоксиметилцеллюлозы и наполнителя из однослойных УНТ или многослойных УНТ, реализованы α в интервале $\pm 0,0005 \text{ K}^{-1}$ [1]. При этом использовались термические и лазерные обработки для увеличения удельной проводимости и уменьшения α .

В данной работе был проведен анализ элементов из УНТ и из наноматериалов с УНТ с наибольшими и наименьшими значениями α . Рассмотрены перспективы применения этих элементов в практических приложениях, в частности, в гибкой и классической электронике, в медицине. В последнем случае, безусловно, будут востребованы миниатюрные болометрические приемники ИК излучения для контроля процесса лазерной сварки биологической ткани, и медицинские электроды для подачи или снятия электрического сигнала с биологического объекта.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (соглашение №14.430.11.0006).

1. Герасименко А.Ю., Ичкитидзе Л.П., Селищев С.В. Благоев Е.В., Павлов А.А., Галперин В.А., Кицюк Е.П., Шаман Ю.П. Известия вузов. Электроника. 2014. №5(109). С. 63-67.

Ичкитидзе Леван Павлович, доцент
E-mail: leo852@inbox.ru



**ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ
НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ИК-ВОЛОКОН НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ
РАСТВОРОВ {AgCl, AgBr}(т)**

Гребнева А.А.^{1,2}, Булатов Н.К.¹, Жукова Л.В.¹, Пальчикова А.Д.¹, Сутчук
А.Л.¹

- 1) ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, *I.v.zhukova@urfu.ru*
2) Исследовательский центр ОАО «Уралэлектромедь», Верхняя Пышма,
sw_agenta@mail.ru

Нанокристаллические ИК волоконные световоды на основе твердых растворов хлорид-бромид серебра {AgCl, AgBr}(т) находят применение в промышленности, медицине и науке. Разнообразие сфер их предназначения обусловлено сочетанием в них ряда ценных свойств: оптических (широкий диапазон пропускания 3-30 мкм, низкие оптические потери, способность к передаче мощного лазерного излучения), механических (гибкость, устойчивость к многократным изгибам, высокая прочность на разрыв) и химических (негигроскопичность, нетоксичность).

Производство такого рода нанокристаллических ИК-волокон включает в себя три основных этапа: 1) приготовление сырья в дисперсном виде, 2) выращивание из него монокристаллов методом Бриджмена-Стокбаргера, 3) экструзию волокон из монокристаллических заготовок. Практика показывает, что наилучшим сырьем, обеспечивающим получение волокон с высокими оптическими и механическими характеристиками, являются высокочистые твердые растворы {AgCl, AgBr}(т), синтезированные в грубодисперсном состоянии гидрохимическим способом.

До последнего времени гидрохимическое получение {AgCl, AgBr}(т) осуществлялось исключительно методом термозонной кристаллизации-синтеза [1]. В настоящей работе предлагается новый, более совершенный по управляемости метод гидрохимического синтеза {AgCl, AgBr}(т),



называемый условно методом кислотного воздействия на индивидуальные галогениды (КВИГ). В нем образование твердого раствора происходит при изотермическом взаимодействии одновременно двух или только одного из индивидуальных галогенидов $\text{AgCl}(\tau^0)$ и $\text{AgBr}(\tau^0)$ со смесью хлористо- и бромистоводородной кислот $\{\text{H}_2\text{O}, \text{HCl}, \text{HBr}\}(\text{ж})$.

На основе уравнений баланса для концентраций фазовых компонентов и термодинамических выражений законов равновесия базисных внутрифазных и межфазных реакций с учетом коэффициентов активностей компонентов получена математическая модель гидрохимического синтеза твердых растворов $\{\text{AgCl}, \text{AgBr}\}(\tau)$ по методу КВИГ в форме приведенного ниже уравнения [2]:

$$c_{\text{Br}^-,0}^{(\text{ж})} = \left(c_{\text{Cl}^-,0}^{(\text{ж})} - c_0^{(\text{зар})} \left(N_{\text{AgBr},0}^{(\tau^0)} - N_{\text{AgBr},\text{рав}}^{(\tau)} \right) \right) \left[A \left(c_{\text{Cl}^-,0}^{(\text{ж})} - c_0^{(\text{зар})} \left(N_{\text{AgBr},0}^{(\tau^0)} - N_{\text{AgBr},\text{рав}}^{(\tau)} \right) \right) + B \right] \times \\ \times \exp \left(\beta_0 + \beta_1 T + \frac{\beta_2}{T} \right) \exp \left[\frac{\varepsilon^{(\tau)}}{RT} \left(1 - 2N_{\text{AgBr},\text{рав}}^{(\tau)} \right) \right] \frac{N_{\text{AgBr},\text{рав}}^{(\tau)}}{1 - N_{\text{AgBr},\text{рав}}^{(\tau)}} - c_0^{(\text{зар})} \left(N_{\text{AgBr},0}^{(\tau^0)} - N_{\text{AgBr},\text{рав}}^{(\tau)} \right) - \\ - N_{\text{AgBr},\text{рав}}^{(\tau)} \exp \left[b_0 + b_1 T + b_2 T^2 \right] \left(c_{\text{Cl}^-,0}^{(\text{ж})} \right)^{\left(\alpha_0 + \alpha_1 T + \alpha_2 T^2 \right)} \left(1 - N_{\text{AgBr},\text{рав}}^{(\tau)} \right) \exp \left[\frac{\varepsilon^{(\tau)}}{RT} \left(N_{\text{AgBr},\text{рав}}^{(\tau)} \right)^2 \right]$$

, где $c_{\text{Br}^-,0}^{(\text{ж})}$, $c_{\text{Cl}^-,0}^{(\text{ж})}$ – начальные концентрации ионов Br^- , Cl^- в жидкой фазе;

$c_0^{(\text{зар})}$ – начальная плотность загрузки реактора; $N_{\text{AgBr},0}^{(\tau^0)}$, $N_{\text{AgBr},\text{рав}}^{(\tau)}$ – начальная и равновесная мольные доли бромида серебра AgBr в исходной механической смеси индивидуальных галогенидов и в твердом растворе $\{\text{AgCl}, \text{AgBr}\}(\tau)$; A , B , β_0 , β_1 , β_2 , $\varepsilon^{(\tau)}$, R – коэффициенты, числовые значения которых известны.

Математическая модель дает возможность при выбранных параметрах $c_{\text{Cl}^-,0}^{(\text{ж})}$, $c_0^{(\text{зар})}$, $N_{\text{AgBr},0}^{(\tau^0)}$ и T рассчитать $c_{\text{Br}^-,0}^{(\text{ж})}$ для получения твердого раствора $\{\text{AgCl}, \text{AgBr}\}(\tau)$ с требуемой $N_{\text{AgBr},\text{рав}}^{(\tau)}$. На её основе сформулирована методика материальных расчетов при технологической



реализации гидрохимического синтеза твердых растворов $\{AgCl, AgBr\}(т)$ с заданными составами. Достоверность полученной модели подтверждена обширным массивом экспериментальных данных.

1. Жукова Л.В., Жуков В.В., Китаев Г.А. Способ получения высокочистых веществ. Патент РФ № 2160795. Опубл. 05.12.2000. Бюл. № 35.

2. Гребнева А.А., Булатов Н.К., Жукова Л.В. Гидрохимический синтез твердых растворов $\{AgCl, AgBr\}(т)$. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing. 176 с.

Гребнева Анна Александровна, ст. преподаватель УрФУ, инженер-технолог «Уралэлектромедь», к.х.н.
sw_agenta@mail.ru



ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ СЛОЕВ КОМПОЗИТНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Ичкитидзе Л.П., Подгаецкий В.М., Герасименко А.Ю.

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

Углеродные нанотрубки (УНТ), как и слои, пленки и проводники, изготовленные на их основе, обладают более высокими механическими и электропроводящими характеристиками, чем металлические нанопроводы [1]. Даже незначительный наполнитель нанотрубок $\leq 0,5$ мас.% УНТ в матрице бычьего сывороточного альбумина существенно (в 5-7 раз) увеличивает твердость и прочность на разрыв полученного объемного композитного наноматериала [2,3]. При этом изменение удельной электропроводности σ выше уровня $>10^{-6}$ См/м не регистрировалось.

Исследована электропроводность слоев композитных наноматериалов (БСА+УНТ), состоящих из БСА и различного типа УНТ. Водная дисперсия, состоящая из 25 мас.% БСА и 3 мас.% УНТ, наносилась методом трафаретной печати на гибкие (полиимид, хлопчатобумажная ткань (ХБТ), свиная кожа, офисная бумага (ОБ) с плотностью ~ 80 г/м²), и твердые (пластины Si с подслоем SiO₂ (Si / SiO₂), покровное стекло) подложки. Однослойные УНТ (ОУНТ) имели диаметр ~ 1 нм, длина $> 0,5$ мкм, а многослойные УНТ (МУНТ) - диаметр 20 ÷ 30 нм и длину ≥ 2 мкм. Образцы были прямоугольной формы с размерами: ширина 3÷5 мм, длина 15 ÷ 25 мм, толщины 0,5 ÷ 5 мкм.

После нанесения слоев на подложку, когда слои еще находились в «жидком состоянии», половина поверхности слоя покрывалась непрозрачной пластиной, а другая половина подвергалась действию непрерывного лазерного излучения (ЛИ, диодный лазер, выход через оптоволокно, длина волны - 970 нм, плотность мощности - 0,05 ÷ 0,5 Вт/см², диаметр лазерного луча ~ 30 мм, непрерывный режим). Установлено, что лазерное излучение значительно влияет на увеличение удельной проводимости σ слоев. В частности, в слоях с ОУНТ рост σ был 300%-500%,



а в слоях с МУНТ - 250%-400% по отношению к слоям, не подверженным ЛИ. Термическая обработка всех слоев – отжиг в воздухе при температуре $120\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 30 мин - дополнительно увеличивала σ на 300%-500%.

После нескольких сгибаний слоев на гибких подложках (ХБТ, ОБ) существенные изменения их σ не были обнаружены. Например, при изгибе на 180° с радиусом изгиба 1 мм и циклом 200 раз в образцах на подложках СС и ОП проводимость изменялась не более, чем на $\pm 30\%$ по отношению к исходным значениям. После многократных изгибов слои с подложек не отслаивались, не трескались и сохраняли свои прежний вид.

Физические механизмы влияния ЛИ и термической обработки на изученные слои сложны и разнообразны. Например, возможно, под влиянием ЛИ водная дисперсия (БСА + УНТ) дополнительно диспергуется, нанотрубки выпрямляются и более равномерно распределяются в композитном наноматериале. Термическая обработка, по-видимому, способствует электрической прозрачности контактов между УНТ или между УНТ и матрицей. Несомненно, предлагаемые механизмы способствуют росту σ .

Таким образом, под действием лазерного излучения и термической обработки удалось увеличить проводимость слоев композиционного наноматериала БСА+УНТ более чем на порядок. Достигнуты значения σ : ~ 10 кСм/м с ОУНТ, и ~ 2 кСм/м с МУНТ.

Исследуемые слои будут востребованы в медицинских целях, например, в проводящих электродах, или как основы для стимуляции роста клеток, что было показано в экспериментах [4].

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (соглашение №14.575.21.0089).

1. Carbon Nanotubes – Growth and Applications. Edited by Mohammad Naraghi, Published by InTech, Janeza rdine 9, 51000 Rijeka, Croatia, Copyright © 2011 InTech, ISBN 978-953-307-566-2. – 604 p.
2. Герасименко А.Ю., Дедкова А.А., Ичкитидзе Л.П., Подгаецкий В.М. Оптика и спектроскопия. 2013. Т. 115 (2). С. 326-332.



3. Агеева С.А., Елисенко В.И., Герасименко А.Ю., Ичкитидзе Л.П., Подгаецкий В.М. Медицинская техника. 2010. №6(264). С. 35-39.
4. Ivan Bobrinetskiy, Alexander Gerasimenko, Levan Ichkitidze, Ol'ga Khrolova, and Vitaly Podgaetsky. American Journal of Tissue Engineering and Stem Cell. 2014. Vol. 1(1). PP. 27-38.

Ичкитидзе Леван Павлович, доцент

E-mail: leo852@inbox.ru



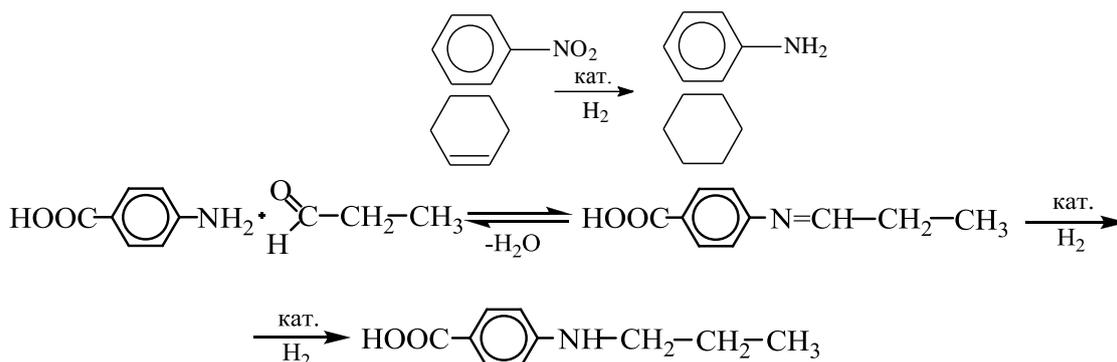
КАТАЛИЗАТОРЫ ГИДРИРОВАНИЯ И ГИДРОАМИНИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ Pd, Pt И УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Калмыков П.А., Магдалинова Н.А., Ключев М.В.

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

В качестве катализаторов в модельных реакциях жидкофазного гидрирования нитробензола, циклогексена и гидрогенизационного аминирования пропаналя *l*-аминобензойной кислотой (схема) протестированы палладий- и платиносодержащие углеродные наноматериалы (УНМ): фуллереновая чернь (ФЧ), углеродные нановолокна (УНВ), многостенные нанотрубки (МНТ), наноалмазы (НА), графенсодержащий материал (ГСМ). Все реакции проводили в идентичных мягких условиях: $P_{H_2}=0.1$ МПа, $T=318$ К, растворитель – этанол, количество субстрата 1 ммоль.

Схема



Методики синтеза катализаторов и методы исследования их строения описаны в работах [1-4]. Продукты реакций гидрирования анализировали на серийном хроматографе модели 3700 с пламенно-ионизационным детектором. Хроматографическая стеклянная колонка диаметром 3 мм и длиной 2000 мм, заполненная лукопреном G-1000 (5%) на хроматоне N-AW-DMCS. Газ-носитель – азот. Температура испарения 60-230°C, температура



колонки 30–180 °С, расход газа-носителя 1.80±0.02 л/ч, объем вводимой пробы 0.5–2 мкл. Конверсия субстратов близка к количественной. Побочных продуктов не обнаружено. Значения каталитической активности (TON) Pd-, Pt-УНМ представлены в таблице.

Таблица

Каталитическая активность Pd- и Pt-УНМ в реакциях гидрогенизации

Катализаторы	TON, (мин ⁻¹)		
	нитробензол	циклогексен	гидрогенизационное аминирование пропаналя <i>l</i> -аминобензойной кислотой
1% Pd/ФЧ (200 мг)	-	-	0.3
4.4% Pt/МНТ	14.6	-	1.7
1.5% Pd/УНВ	30.0	12.0	-
1% Pd/НА	133.0	49.9	10.6
5% Pd/ГСМ	13.3	5.7	4.8
1% Pd/С(акт.)	43.4	39.1	3.2

Ошибка определения значений TON не превышает 7%.

Наиболее эффективными в выбранных условиях проведения жидкофазного гидрирования нитробензола, циклогексена и гидрогенизационного аминирования пропаналя *l*-аминобензойной кислотой оказался катализатор на основе палладия и НА, превосходя по активности традиционный 1% Pd/С(акт.). По-видимому, это связано со структурными особенностями используемых УНМ. В отличие от ФЧ, МНТ, УНВ и ГСМ структуру наноалмазов образуют кристаллы с размером алмазного ядро около 4 нм, которые имеют высокую удельную поверхность (307...314 м²·г⁻¹) и содержат на ней азотсодержащие функциональные группы, тем самым обеспечивая закрепление однородных частиц металла – активных центров, максимально доступных для субстрата. Все исследуемые катализаторы оказались стабильны и выдерживают не менее пяти циклов работы.

Работа поддержана грантом РФФИ № 12-03-97546-р_центр_a.



1. Волкова Т.Г., Магдалинова Н.А., Ключев М.В. // Известия вузов. Химия и хим. технология. 2011. Т. 54. № 7. С. 98-101.
2. Osipov N.N., Klyuev M.V. // J. Phys.: Conf. Ser. 2012. V. 345. № 1. 012027.
3. Magdalinova N.A., Kalmykov P.A., Klyuev M.V. // Russian J. of Gen. Chem. 2014. V. 84. № 1. P. 33-39.
4. Kalmykov P.A., Magdalinova N.A., Klyuev M.V. // NANO 2014. P. 1030.

Калмыков Павел Алексеевич, аспирант
k_p.a@mail.ru

МОДИФИКАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ6 ПОСЛЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ

Кобзарева Т.Ю.¹, Будовских Е.А.¹, Романов Д.А., Громов В.Е.¹

1) *Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, kobzarevatanya@mail.ru*

Комбинированной обработке подвергались образцы титанового сплава ВТ6, имеющие форму шайбы диаметром 15 мм и толщиной 10 мм. Комбинированная обработка включала в себя электровзрывное науглероживание (ЭВЛ) с порошком диборида титана и электронно-пучковую обработку (ЭПО) титанового сплава ВТ6.

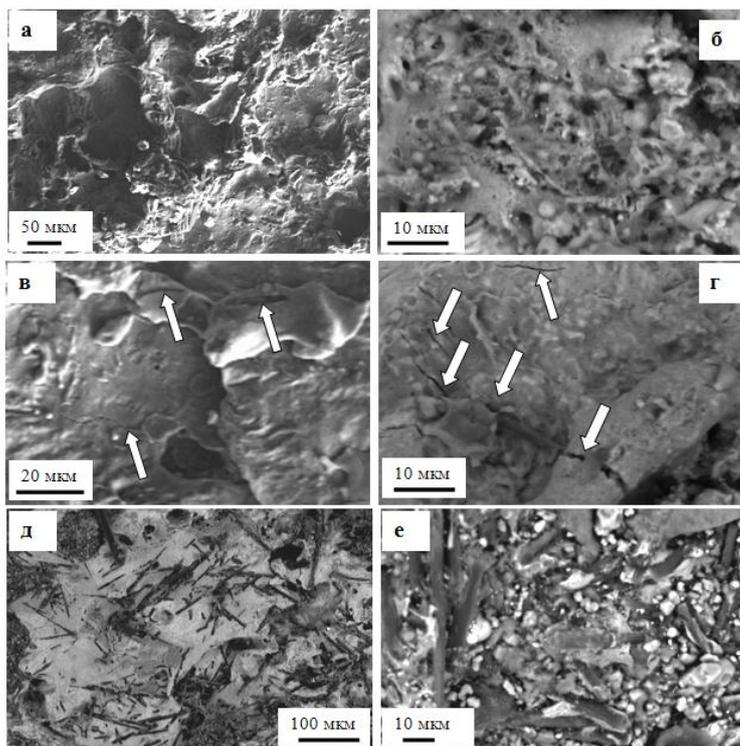


Рисунок 1. Структура поверхности титанового сплава ВТ6 после ЭВЛ с навеской порошка диборида титана

Исследования методами сканирующей микроскопии показали, что на поверхности зоны ЭВЛ формируется покрытие с высокоразвитым рельефом (рисунок 1). Рельеф формируется частицами продуктов взрыва углеграфитовых волокон и порошка диборида титана из тыла струи. В структуре рельефа наблюдаются следы радиального течения расплава из



центра зоны легирования к периферии, вследствие неоднородного силового воздействия плазменной струи на поверхность. Особенностью поверхностного слоя титанового сплава ВТ6 после ЭВЛ является упрочнение приповерхностного слоя и создание высокопористого покрытия, содержащего микрократеры и микропоры (рисунок 1, б), наплывы и наслоения (рисунок 1, в), микротрещины (рисунок 1, в, г), стержни различных размеров (рисунок 1, д) и частицы глобулярной формы (рисунок 1, е).

В результате исследований установлено, что последующая ЭПО титанового сплава ВТ6 приводит к существенным преобразованиям поверхности образцов. В центральной части зоны воздействия пучка электронов (область, диаметр которой увеличивается от 10 мм при $E_S=45$ Дж/см² до 18 мм при $E_S=60$ Дж/см²) выглаживается рельеф поверхности, исчезают микрократеры, микрокапли, наплывы, существенно уменьшается количество микротрещин (рисунок 2).

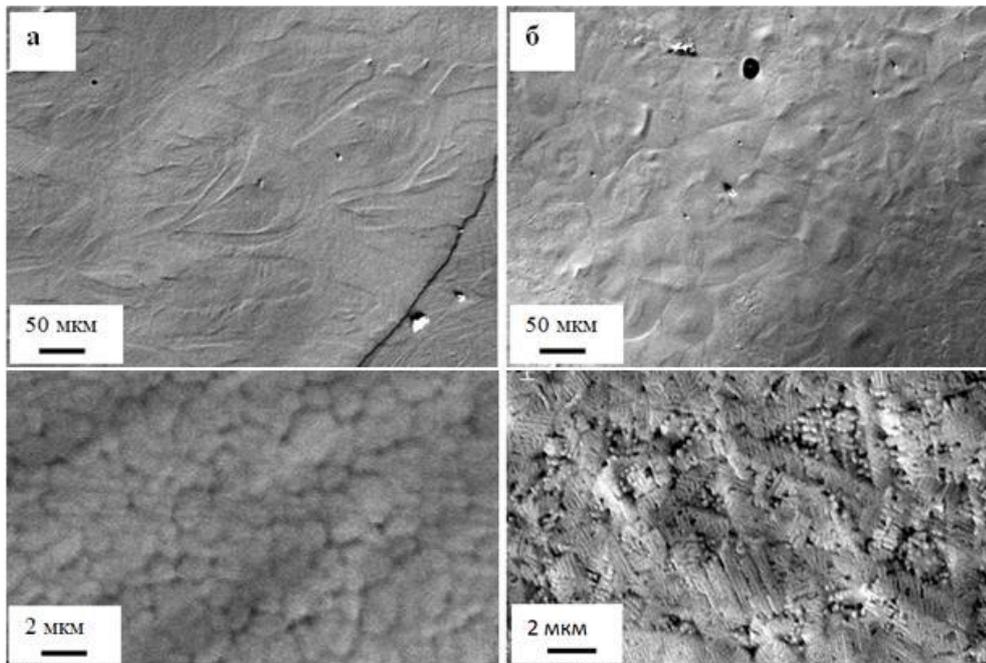


Рисунок 2. Структура поверхности титанового сплава ВТ6 после ЭВЛ с навеской порошка диборида титана и последующей ЭПО.

Выполненные в работе исследования структуры поверхностного слоя титанового сплава ВТ6, подвергнутого комбинированной обработке, сочетающей ЭВЛ с диборидом титана и последующую ЭПО, позволяют



сделать вывод, что после ЭПО по режиму $E_S = 45$ Дж/см², $\tau = 100$ мкс, $N = 10$ имп., $0,3$ с⁻¹ поверхность титанового сплава ВТ6 существенно улучшается, становясь более гладкой и прочной.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ научного проекта №13-02-12009 офи_м и госзадания Минобрнауки № 2708ГЗ.

Кобзарева Татьяна Юрьевна, аспирантка
kobzarevatanya@mail.ru



ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ МАГНИТОТВЁРДЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МАРГАНЦА

Миляев И.М., Юсупов В.С., Стельмашок С.И., Миляев А.И.

ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова
РАН, Москва, imilyaev@mail.ru

Магнитотвёрдые материалы (МТМ) предназначены в первую очередь для производства постоянных магнитов (ПМ), которые используются во всех отраслях народного хозяйства, начиная от электротехники, средств связи и кончая медициной и сельским хозяйством. Это связано с тем, что электромагнитные технологии являются одной из составляющих фундамента технологической культуры современного мира. Электромагнитная революция XIX века, в результате которой были созданы электромоторы и генераторы, телеграф и радио, огромные распределительные электросети для передачи электроэнергии на большие расстояния, магнитная запись информации – всё это потребовало использования либо электромагнитов, либо ПМ для генерации необходимых магнитных полей. Достоинством ПМ является их способность уменьшать массогабаритные характеристики изделий, в которых они используются, а отсутствие собственного потребления энергии из внешних источников повышает экономичность и надёжность работы этих изделий.

Важнейшей энергетической характеристикой ПМ является его максимальное энергетическое произведение $(BH)_{\text{макс}}$, которое в течение XX века росло по экспоненциальному закону, удваиваясь каждые 12 лет, но с середины 80-х годов этот рост прекратился. Наивысшими значениями $(BH)_{\text{макс}}$ 300 - 500 кДж/м³ обладают ПМ из редкоземельных (РЗМ) сплавов на основе соединений $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ и $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$. В настоящее время на мировом рынке МТМ для производства ПМ доминирующее положение занимают NdFeB сплавы (объём производства 100 тыс. т.) и магнитотвёрдые стронций-бариевые ферриты (объём производства 1 млн. т.) с $(BH)_{\text{макс}} \sim 40$ кДж/м³, которые являются самыми дешёвыми МТМ. С одной стороны, дальнейший рост $(BH)_{\text{макс}}$ МТМ выше 500 кДж/м³ проблематичен, исходя из



опыта интенсивных исследований новых соединений и сплавов, а, с другой стороны, сырьевые возможности РЗМ ограничены. В связи с этим встаёт проблема разработки новых МТМ с $(BH)_{\text{макс}}$ 100 – 300 кДж/м³, критическим фактором которых является их стоимость.

Из теории МТМ следует, что теоретическая величина $(BH)_{\text{макс}}$ материала определяется его намагниченностью насыщения $4\pi I_s$, т.е. новый материал должен обладать высоким значением $4\pi I_s$, что возможно только на основе 3d элементов (в первую очередь Mn, Fe, Ni и Co) в сочетании с некоторыми (желательно более дешёвыми) элементами периодической системы. Действительно, в NdFeB сплавах с высокими значениями $(BH)_{\text{макс}}$ Fe обеспечивает высокую $4\pi I_s$, Nd (РЗМ) – высокую кристаллическую анизотропию соединения (т.е. высокую коэрцитивную силу), а бор стабилизирует структурное состояние соединения в широком интервале температур.

Из теории магнетизма известно, что Mn потенциально является более сильным ферромагнетиком, чем Fe, т.к. в 3d зоне у него 5 свободных уровней, тогда как у Fe – 4 свободных уровня. Mn – элемент, имеющий 4 кристаллических модификаций; при температурах до 973К устойчива α -форма с ОЦК решёткой (58 атомов на элементарную ячейку), в которой имеется 4 местоположения атомов Mn с магнитными моментами от 0,5 до 2,8 μ_B , которые упорядочены неколлинеарно и переходят в антиферромагнитную структуру ниже 90К. Способность Mn обладать большим магнитным моментом (узкая, полностью расщеплённая 3d зона, может дать момент в 5 μ_B , тогда как у Fe всего 2,2 μ_B) в ряде своих соединений в течение долгого времени будоражила воображение исследователей мечтой о создании высокоэффективных МТМ. Однако, для достижения этого необходимо преодолеть весьма непростую дилемму. Для того чтобы получить большой момент атомов Mn, они должны быть разнесены в пространстве на относительно большие расстояния, что, естественно, приводит к уменьшению $4\pi I_s$, т.к. $4\pi I_s$ есть магнитный момент единицы объёма. Среди соединений Mn в настоящее время наиболее приемлемым для создания МТМ является соединение $Mn_{1,11}Al_{0,89}$, частично



легированное углеродом, магнитные свойства которого приведены в таблице, анализ и обсуждение которых будут приведены далее в докладе.

Свойства	Mn-Al-C	Алнико 8	Ba/Srферриты	SmCo ₅
B _r , Тл	0,7	0,7	0,41	0,95
H _c , кА/м	183,0	151,3	230,9	517,5
(BH) _{max} , кДж/м ³	73,6	40,0	32,0	176,0
Т-ра Кюри, °С	320	850	470	740
ТКИ, % / °С	- 0,12	- 0,02	- 0,19	- 0,03
Плотность, г/см ³	5,1	7,3	4,9	8,6
Энергия, ед. веса	1,1	0,7	0,8	2,6
Предел прочности, МПа	300	-	20	12,5
Возможная скорость вращения ротора электродвигателя, об/мин	60000	-	8000	5000



АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ГРАДИЕНТНОЙ СТРУКТУРОЙ

Невский С.А., Сарычев В.Д., Громов В.Е.

Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк,

В последнее время предложено большое число методов и способов упрочнения поверхности. Среди их многообразия можно выделить различные способы электровзрывного легирования и нанесения покрытий, электронно-пучковую обработку, лазерную обработку, наплавку и др. Они приводят к формированию градиентной наноразмерной структуры и соответственно повышению механических свойств. Кроме того градиентная структура формируется в стадии длительной эксплуатации. Однако в некоторых случаях указанная градиентная структура может приводить к разупрочнению и аварийным ситуациям, требующего отдельного детального изучения. Поэтому возникает необходимость разработки теоретических моделей поведения материала с упрочненным слоем при внешних механических воздействиях, но их создание находится в стадии развития.

В настоящей работе проведен анализ напряженно-деформированного состояния материалов с упрочненным слоем, полученным при воздействии концентрированных потоков энергии с использованием матричных алгоритмов теории упругости при контактном нагружении в предположении того, что на границе подложки реализуются условия Винклера. Получены зависимости нормальных и касательных напряжений от продольных размеров образца в переходной зоне между упрочненным слоем и матрицей. Установлено, что наибольшие по модулю нормальные напряжения достигают на оси симметрии и по мере уменьшения жесткости слоя. Более жесткие слои не приводят к резким пикам напряжений и нагрузка распределяется по большей площади и меньшим значением в центре. В



этом случае проявляется благоприятная роль более жесткого поверхностного слоя как распределителя нормальных сжимающих напряжений, уменьшающих их максимум. Анализ касательных напряжений показывает, что при всех параметрах ширины нагрузки имеет место максимум модуля касательного напряжения, но при больших значениях ширины нагрузки он становится менее выраженным. Следовательно, можно сделать вывод, что при малой ширине нагрузки в материале выгодно создавать градиентную структуру с жестким верхним слоем, при этом однородный слой может оказаться неблагоприятным.

Невский Сергей Андреевич, к.т.н., доцент

Email: nevskiy_sa@physics.sibsiu.ru



ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ ТИТАН-ИТТРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ И ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ

Соснин К.В.¹, Громов В.Е.¹, Будовских Е.А.¹, Иванов Ю.Ф.^{2,3}, Олесюк О.В.¹

- 1) *Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк,*
- 2) *Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск,*
- 3) *Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

Одним из эффективных способов, позволяющих формировать в сравнительно тонком слое новое структурно-фазовое состояние и получать требуемый комплекс физико-механических свойств детали в целом, является поверхностное легирование. В данной работе проанализированы закономерности формирования структуры и свойств поверхностного сплава системы титан-иттрий, полученной методами электровзрывного легирования и последующей электронно-пучковой обработки.

Формирование системы титан-иттрий осуществляли по двухступенчатой схеме. На первом этапе использовали метод электровзрывного легирования (ЭВЛ) В качестве взрываемого материала использовали фольгу титана марки ВТ1-0, на поверхность в области взрыва которой помещали навеску порошка иттрия. Время воздействия плазмы на поверхность образца ~ 100 мкс, поглощаемая плотность мощности на оси струи $\sim 5,5$ ГВт/м², давление вблизи облучаемой поверхности $\sim 12,5$ МПа, остаточное давление газа в рабочей камере ~ 100 Па; температура плазмы на срезе сопла $\sim 10^4$ К. При данных параметрах плазмы толщина слоя жидкофазного легирования образца титана марки ВТ1-0 ≈ 30 мкм, толщина зоны термического влияния ≈ 50 мкм. Последующую высокоскоростную термическую обработку поверхности электровзрывного легирования осуществляли пучком электронов на установке «СОЛО». Режим облучения:



энергия электронов 18 кэВ; плотность энергии пучка электронов 50 Дж/см²; длительность импульса 150 мкс; количество и частота следования импульсов 3 и 3 с⁻¹. При времени воздействия пучка электронов на поверхность металла 150 мкс скорость нагрева и охлаждения модифицированного слоя составляет ~ 10⁶ К/с. Исследования фазового состава поверхностного слоя модифицированного титана и его дефектную субструктуру, распределение легирующих элементов изучали методами электронной дифракционной микроскопии на приборе JEOL JEM 2100 (метод поперечных фольг). Твердость поверхностного слоя выявляли методами «нанотвердомерии» (прибор Shimadzu DUN-211S, нагрузка на индентор 40 мН).

Таким образом, комбинированным методом, сочетающим облучение плазмой, формирующейся при электрическом взрыве фольги титана с навеской порошка иттрия, и последующую обработку высокоинтенсивным импульсным электронным пучком, осуществлено легирование поверхности технически чистого титана. Выполнены исследования элементного и фазового состава, состояния дефектной субструктуры модифицированного поверхностного слоя. Выявлено формирование многослойной субмикро- и нанокристаллической структуры на основе α-иттрия, α-титана, окислов и карбидов титана и иттрия, обладающей повышенными прочностными свойствами.

Соснин Кирилл Валерьевич, аспирант
Email: gromov@physics.sibsiu.ru



КАРАНДАШ ТВЕРДОЙ СМАЗКИ С НАПОЛНИТЕЛЯМИ ИЗ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Шевченко В.Г., Рябина А.В., Торокин В.В., Алехина В.Д.

*ФГБУН Институт химии твердого тела УрО РАН, ГСП-145, 620219
Екатеринбург, Первомайская, 91, shevchenko@ihim.uran.ru*

Производство и применение технологических смазок для абразивной обработки используется во всех отраслях машиностроения, металлообрабатывающих отраслях промышленности связанных со шлифованием и полированием цветных металлов и их сплавов, сталей и т.п.

Для повышения эффективности обработки металлов и достижения высокого качества обработанной поверхности за счет значительного снижения ее шероховатости был разработан, запатентован и прошел испытания карандаш твердой смазки с наполнителями из наноматериалов позволяющий повысить эффективность плоского шлифования.

Перед авторами стояла задача разработать состав твердой смазки для абразивной обработки металлов и сплавов, позволяющий повысить качество обрабатываемой поверхности за счет снижения ее шероховатости. Также учитывались недостатки известных ранее твердых смазок содержащие экологически вредные компоненты - олово, свинец, кадмий и др.

Для повышения качества абразивной обработки твердая смазка содержит помимо таких компонентов как минеральное масло, низкомолекулярный полиэтилен и др. также смесь ультрадисперсного порошка термического восстановления лейкоксена и карбида кремния или нитрида алюминия взятых в соотношении 0,5:1:1.

Найдены оптимальные соотношения между ультрадисперсными добавками позволяющие при обработке вязких материалов (цветные металлы и сплавы, простые стали типа Ст-3, Ст-10, титановые сплавы ВТ-1-0)



практически исключить засаливание круга, что позволяет обрабатывать эти материалы с высокой производительностью и до заданной шероховатости. Испытания КТС подтвердили такие технические характеристики как отсутствие «прижогов», снижение шероховатости на 1 класс при шлифовании и на 3-4 класса при полировании, значительное уменьшение «засаливания», увеличение износостойкости инструмента в 5 раз и др. в сравнении с ранее применяемыми смазками.

Таким образом, предлагаемая смазка для абразивной обработки позволяет значительно улучшить качество обработанной поверхности.

Шевченко Владимир Григорьевич, д.х.н.
E-mail: shevchenko@ihim.uran.ru



НАНОБИОМЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ПОЛУЧЕНИЕ НУКЛЕОТИДНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ БЕЛКА ШИПИКОВОГО АППАРАТА СИНАПТОПОДИНА

Борисова Е.В., Епифанова Е.А., Салина В.А., Бабаев А.А.

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный университет им. Н.И.
Лобачевского», Нижний Новгород.

Синаптоподин является основным членом нового класса богатых пролином актин-ассоциированных белков с высоким уровнем экспрессии на дендритах теленцефалона и ренальных подоцитах. Этот белок играет роль в изменении формы клетки и ее подвижности (Asanuma K. Et al., 2005). У человека белок синаптоподин кодируется геном SYNPO, и имеет 3 изоформы, нейрональный Synpo-short (685 AA), ренальный Sunpo-long (903 AA) и Synpo-T (181 AA). Все 3 изоформы специфически взаимодействуют с α -актинином и растягивают актиновые филаменты (Kikuno R. Et al., 1999). В головном мозге синаптоподин особенно сильно экспрессируется у несущих шипики нейронов, где он коррелирует с плотностью постсинаптических контактов и необходим для формирования шипикового аппарата дендритов (Zhang X. et al., 2013).

Целью работы явился подбор условий проведения полимеразной цепной реакции для амплификации нуклеотидной последовательности белка шипикового аппарата синаптоподина. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: подобрать олигонуклеотидные последовательности праймеров, оптимальную температуру отжига праймеров, и концентрации компонентов смеси для проведения ПЦР.

Основным методом исследования являлась полимеразная цепная реакция. Для проведения ПЦР использовали коммерческий набор реактивов Phusion High-Fidelity PCR Kit.



В ходе работы была подобрана система праймеров, установлена оптимальная температура отжига праймеров - 62°C, а также получена последовательность белка шипикового аппарата синаптоподина, что подтверждено электрофоретически.

- 1) Asanumo K., Kim K., Oh J., Giardino L. et al. Synaptopodin regulates the actin-bundling activity of α -actinin in an isoform-specific manner // *J. Clin Invest.* 2005. Vol. 115(5). P. 1188-1198.
- 2) Kikuno R., Nagase T., Ishikawa K., Hirose M. Et al. Prediction of the coding sequences of unidentified human genes. XIV. The complete sequences of 100 new cDNA clones from brain which code for large proteins in vitro // *DNA Res.* 1999. Vol. 6(3). P. 197-205.
- 3) Zhang X., Poschel B., Faul C., Upreti C. et al. Essential role for synaptopodin in dendritic spine plasticity of the developing hippocampus // *J. Neurosci.* 2013. Vol. 33(30). P. 12510-12518.

Борисова Екатерина Владимировна

E-mail: borisovakaterina17@gmail.com



ВЕКТОРНАЯ ДОСТАВКА ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ С ПОМОЩЬЮ МАГНИТНЫХ ЧАСТИЦ

Ичкитидзе Л.П., Голубева А.О., Шичкин Н.Ю.

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

Причинами неэффективной доставки лекарственного вещества могут быть трудности проникновения в орган-мишень из-за наличия гистогематических барьеров или структурных изменений ткани (например, в случае роста опухоли), а также неспособность проникать в клетки ввиду физико-химических свойств лекарственного вещества или особенности клеточной мембраны (например, в случае множественной лекарственной устойчивости опухолевых клеток). Актуальность этой проблемы послужила стимулом для разработки подходов к созданию разнообразных систем направленной доставки лекарственного вещества. Среди разрабатываемых способов целевой доставки лекарственных препаратов перспективным является использование наночастиц, обладающих магнитными свойствами, как магнитоуправляемых носителей того или иного лекарственного препарата. Основными преимуществами магнитных наночастиц, как органических, так и неорганических, является то, что они могут быть [1]: визуализированы; направлены и удержаны в определенном месте с помощью магнитного поля; нагреты в магнитном поле для инициации механизма выпуска лекарства или для осуществления гипертермии/абляции тканей; введены внутривенно и вместе с противоопухолевым препаратом направлены в опухоль.

Магнитные частицы, перспективные в медицинских приложениях.

1. Магнетит (Fe_3O_4) – это распространенный минерал, который проявляет ферромагнитные (ферримагнитные) свойства. Структура магнетита принадлежит группе шпинелей, имеющих формулу AB_2O_4 . Его



ферромагнитные структуры возникают в результате чередования решеток Fe(II) и Fe(III). Это позволяет добиться очень высоких значений намагниченности. Наночастицы магнетита могут применяться в качестве средства транспорта гидрофобных лекарственных препаратов в терапии раковых заболеваний, а также для гипертермии [2].

2. Маггемит ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) – продукт однофазового окисления магнетита. Маггемит может быть термически преобразован в другие формы оксидов железа, такие как гематит, который является антиферромагнитным. Сильная намагниченность маггемита (примерно в 100 раз сильнее, чем гематит) обусловлена наличием пустот в решётках, которые дают повод для формирования некомпенсированных спинов электронов в структуре [3]. Маггемит является одним из наиболее подходящих материалов для магнитных наночастиц поскольку он меньше всего представляет какую-либо опасность для здоровья человека.

Магнитные наночастицы в терапевтических целях редко применяются в чистом виде вследствие их возможного токсического воздействия на организм. Обычно их инкапсулируют или помещают в биоинертные матрицы (различные органические соединения или полимеры), создавая возможность иммобилизации на поверхности таких капсул лекарственных препаратов. Особую роль могут играть углеродные нанотрубки (УНТ), в которые инкапсулированы магнитные наночастицы, приобретающие свойства суперпарамагнетизма.

Контроль и визуализация магнитных частиц позволяют проследить распространение и распределение лекарственных препаратов или наночастиц, например УНТ, в организме. Для этой цели применяют различные методы, в частности, магнитную резонансную томографию и магнитную микроскопию. В последнем случае, ожидается, что чувствительные датчики магнитного поля позволят неинвазивно фиксировать в организме магнитные частицы, которые генерируют фон магнитного поля с уровнем ≥ 1 фТл [4].

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (соглашение №14.575.21.0089).



1. *Jain T.P., Morales M.A., Sahoo S.K.* Molecular Pharmaceutics. 2005. Vol. 2(3). PP.194-205.
2. *Jordan A., Scholz R., Wust P.* Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 1999. Vol.194. PP.185-196.
3. *McBain S.C., Yiu H.H., Dobson J.L.* Int. J. Nanomedicine. 2008. Vol. 3(2). PP.169-180.
4. *Ichkitidze L.P., Mironyuk A.N.* Physica C. 2012. Vol. 472, Issue 1. P P. 57-59.

Ичкитидзе Леван Павлович, доцент
E-mail: leo852@inbox.ru



ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ УЧАСТКОВ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ ТОЧЕК (БАТ)

Ситанов Д.В.

ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет», Иваново, sitanov@isuct.ru

Интерес к изучению электропроводности живых объектов, в том числе и человека, обусловлен как вопросами практической разработки новых методов лечения и диагностики в медицине, так и развитием теории электропроводности сложных, многокомпонентных, динамических систем.

В данной работе в качестве основополагающего аспекта было принято существование на коже человека биологических активных точек (БАТ), ввиду того, что практика работы с ними в области мануальной терапии используется достаточно давно. В качестве метода исследования характера активности БАТ был выбран метод электропунктуры, как наиболее удобный и часто используемый в настоящее время. С целью визуализации пунктурных точек использовался специально спроектированный зонд (рис.1, а), работающий от высоковольтного источника питания, и реализующего в непосредственной близости кожных покровов диэлектрический барьерный разряд при атмосферном давлении в воздухе (рис. 1, б).

В рамках данной работы были проанализированы временные зависимости электрической активности различных БАТ человека (выборка осуществлялась для 5 различных испытуемых, для каждого из которых однотипные эксперименты повторялись не менее 20 раз). Было показано, что для одних и тех же точек электрический сигнал в зависимости от различных поведенческих ситуаций изменялся с различной скоростью, что позволило предположить о смешанном механизме электропроводности тканей человека, включая ионный, доменный и электронный (электронно-дырочный), по аналогии с барьерными структурами в микроэлектронике.

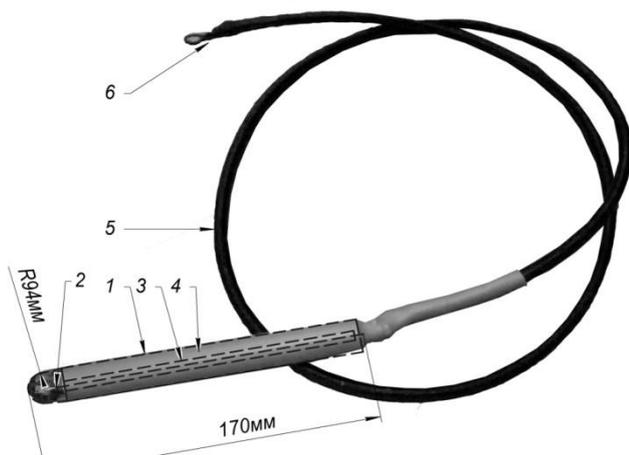


Рис. 1, а. Зонд для визуализации БАТ:

1 – кварцевая трубка, 2 - электрод;

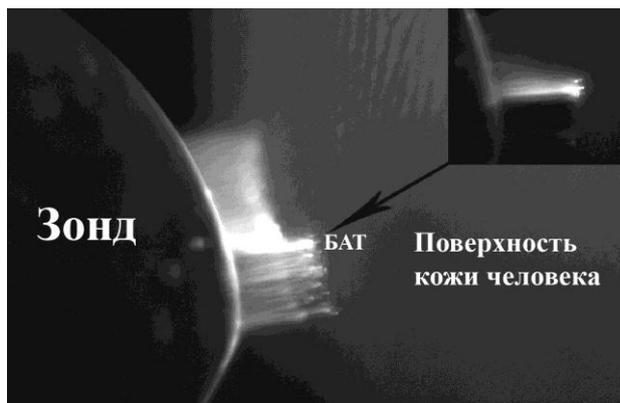


Рис. 1, б. Локализация БАТ с использованием электростатического зонда.

Вторым важным аспектом при изучении электропроводности биологических структур является относительная обособленность распространения электрических сигналов в проводящей среде (в живом организме). И дело здесь не только в наличии специфических тканей (кровеносных сосудов, нервных волокон и т.д.), но и в фундаментальных принципах частотного разделения сигналов, позволяющие объяснить причину отсутствия замыканий (закорачивания) отдельных электрических импульсов. Так было показано, что сигналы в различных каналах (меридианах) оказываются сдвинутыми друг относительно друга по фазе. В электротехнике частотная специфика распространения сигналов обычно называется реактивностью и амплитудные зависимости двух сигналов, сдвинутые друг относительно друга по фазе образуют фигуры Лиссажу. В данной работе были получены зависимости электрического сигнала в БАТ от работы различных подсистем человеческого организма (уровня систолического, диастолического давлений и пульса). Результаты их обработки демонстрировали два крайних случая электрической активности БАТ. Первый связан с явной реактивностью (траектории изменения сигнала в случае увеличения и уменьшения аргумента не совпадали, образуя подобие фигур Лиссажу), второй демонстрировал существенную разницу в суммарном кондактансе (электропроводности) биологических структур



(зависимости при увеличении и уменьшении аргумента выпрямлялись и имели различный наклон, в том числе и противоположный). Сказанное позволяет утверждать о реактивном характере распространения электрических сигналов в живых организмах.

Ситанов Дмитрий Вячеславович, доцент
E-mail: sitanov@isuct.ru



НАНОТЕХНОЛОГИИ В МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ И ПРИБОРОСТРОЕНИИ

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЭМС АКТИВНЫХ ЦЕНТРОВ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ И МИКРОСТРУКТУРНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Безносюк С.А., Неудахин А.Г.

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет» Барнаул

bsa1953@mail.ru

Рассмотрена теория релаксации квантовых наноэлектромеханических систем (НЭМС) накопителей энергии в переходных металлах в рамках подхода [1]. Методами компьютерного моделирования квантовой НЭМС кинетики (НК) изучена релаксация НЭМС накопителя энергии в активном центре трансформации микроструктуры кристаллов в виде ограниченного плоскостями типа (100) кубоида Rh_{256} и Pd_{256} в ГЦК структуре. В докладе проведено сравнение результатов расчёта для температур: $T = 1$ К, 77 К, 293 К и температуры близкой к температуре плавления кристаллов родия и палладия. Анализ компьютерных экспериментов показал, что при разных температурах релаксация НЭМС накопителя энергии в активных центрах микроструктурных трансформаций родия и палладия из исходных неравновесных состояний имеет существенные отличия, как в кинетике, так и в разнообразии стадий микроструктурных превращений. Метод НК выявил, что при релаксации происходит существенное изменение формы и парной радиальной функции распределения ядер НЭМС накопителя энергии активного центра. Выявлена возможность прохождения процесса самоорганизации НЭМС накопителя энергии через несколько промежуточных метастабильных



состояний. Показано, что в области десятков пикосекунд процесса релаксации происходит флуктуационное перестроение куба в кубоид с сильным изгибанием поверхностных граней, после чего идёт вторая стадия трансформация с изменением граней в трапециоды.

1. Beznosyuk S.A., Zhukovsky M.S., Potekaev A.I. The theory of motion of quantum electromechanical plasmoid nanobots in a condensed-state medium. //Russian Physical Journal. 2013. – Vol. 56. – N 5. – pp. 546-556.

Сергей Александрович Безносюк, профессор, д.ф.-м.н.



ИК-СВЕТОВОДЫ НАНО- И МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ДЛЯ ОБНУЛЯЮЩЕЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

Врублевский Д.С., Жукова Л.В., Корсаков А.С., Салимгареев Д.Д., Шмыгалев
А.С., Львов А.Е.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина», 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира 19*

Благодаря достижениям в области интерферометрии для обнаружения экзопланет стало возможным создание систем косвенного и прямого поиска планет, подобных Земле. Из косвенных методов обнаружения экзопланет можно назвать метод Доплера, транзитный метод, гравитационное микролинзирование, астрономический метод и прочие. Все они имеют фундаментальные ограничения. Выигрышным является прямой метод с использованием обнуляющей интерферометрии, схема которой представлена на рис. 1.

В силу того, что при температуре 300 К Земля и подобные ей (по составу атмосферы, альбедо и т.д.) планеты излучают на длине волны 10,6 мкм, пропускающий эту длину волны световод является идеальным фильтром, способным, будучи частью соответствующей схемы, обнаруживать экзопланеты, отсекая длины волн видимого излучения звезды и прочих космических излучений. Эти свойства световодов использовались в разработках, подобных Darwin (ESA) и TPF (NASA), для реализации которых требуются одномодовые световоды с изменяющимся показателем преломления за счет создания фотонной структуры первого и второго порядка.

Нами смоделированы и разработаны одномодовые ИК-световоды для работы на длине волны 10,6 мкм на основе кристаллов твердых растворов

AgCl – AgBr, AgBr – TlI и AgBr – (KPC-5), имеющих как нанокристаллическую структуру (двухслойные), так и микрокристаллическую, т.е. с увеличенным диаметром поля моды (рис 2). Все они обладают рядом весомых преимуществ, по сравнению с кварцевыми световодами (0,2 – 2,0 мкм), в частности: широким спектральным диапазоном пропускания (2,0 – 45,0



мкм), низкими оптическими потерями (до 0,1 дБ/м), высокой пластичностью, негигроскопичностью и устойчивостью к широкому диапазону электромагнитного излучения.

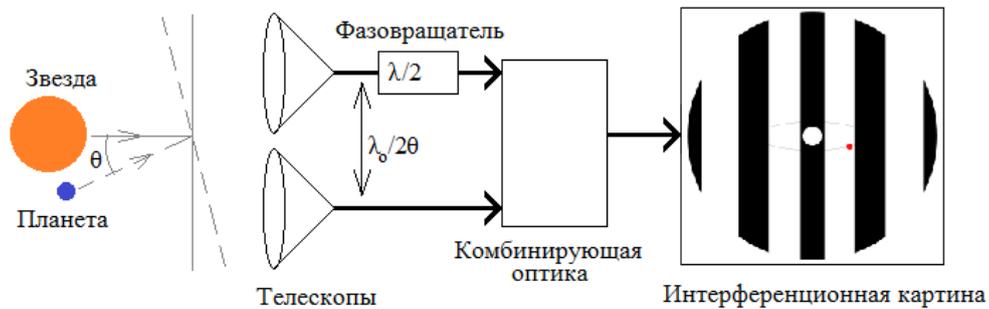


Рис. 1. Схема обнуляющего интерферометра Брейсуэлла

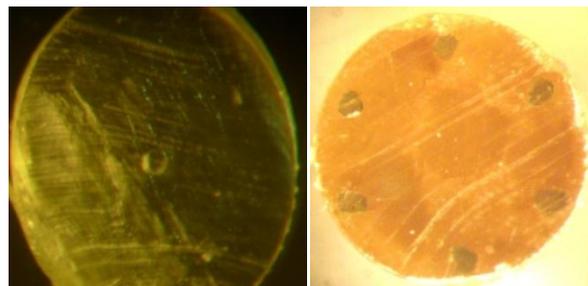


Рис. 2. Торцы нано- и микроструктурированных ИК-световодов

1. L. Zhukova, A. Korsakov, A. Chazov, D. Vrublevsky, V. Zhukov. Photonic crystalline IR fibers for the spectral range of 2-40 μm // Appl. Opt. 2012. V. 51. No. 13. pp. 2414-2418.
2. Flanagan J.C., Richardson D.J., Foster M.J., Bakalski I. A microstructured wavefront filter for the Darwin nulling interferometer // Proc. SPIE, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands, 27-30 June 2006. ESA SP-621.

Жукова Лия Васильевна, профессор, д.т.н.
E-mail: l.v.zhukova@urfu.ru



ДАТЧИКИ ГАЗОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Ичкитидзе Л.П., Бубнова Е.А., Корнилов С.С.

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

Уникальные свойства углеродных нанотрубок (УНТ) и наноматериалов содержащих нанотрубки позволяют считать эти частицы базовыми для создания датчиков нового типа или для значительного улучшения характеристик известных датчиков. В предложенной работе описываются датчики газов на основе УНТ с электрической проводимостью и возможностью их применения в медицине или в мониторинге экологии.

1. Датчик газов представляет собой резистивную пленку из одностенных УНТ (ОУНТ), сопротивление которой меняется в ответ на присутствие газов [1]. Датчик исследован на обнаружение различных концентраций тестовых газов: NH_3 , этанол, CO , CO_2 . Желаемая концентрация достигается путем разбавления тестового газа с газом-носителем, когда общий поток газа сохраняется (поддерживается) постоянным. Здесь чистый азот N_2 использовался в качестве газа-носителя для обнаружения NH_3 , этанола и CO , а воздух – для обнаружения и измерения CO_2 . Продолжительность каждого цикла экспозиции составляла либо 100 с или 200 с в зависимости от тестового газа, а затем цикл восстановления происходил в общей сложности за 900 с.

Регистрируемая минимальная концентрация 2 % тестового газа NH_3 (10 частиц NH_3 на 1 миллион частиц проточного газа) является одним из самых лучших результатов для известных датчиков газов со временем экспозиции 60 с. Для этого датчика сопротивление пленки УНТ составляло 10 кОм.

Такие датчики газа могут быть интегрированы в упаковку для контроля свежести продуктов, или для создания электронной кожи в роботах, или бионических приложениях.



2. На основе многостенных УНТ (МУНТ) удалось изготовить и тестировать микродатчик газов, работающий на принципе ионизации [2]. Пленка на основе МУНТ выращивалась методом химического осаждения паров на подложке из оксида кремния SiO_2 . Размеры нанотрубок в пленке составляли 25-30 нм в диаметре, 30 мкм в длину, с расстоянием 50 нм между нанотрубками. Относительно традиционного датчика с металлическими электродами датчик с МУНТ показал в два раза меньшее рабочее напряжение, и в шесть раз больший ток ионизации. Этот датчик обнаруживал нескольких видов газов, таких как He, Ar, N_2 , O_2 , CO_2 , NH_3 и воздух в широком диапазоне концентрации газов (от 10^{-7} до 10^{-1} моль $^{-1}$). Предполагается их использовать для мониторинга окружающей среды, детектирования газов в заводах по производству химической продукции.

3. Создан датчик газа со структурой конденсатора с чувствительным элементом из МУНТ [3]. Он состоит из пары металлических электродов, покрытых слоем МУНТ, а затем защитным слоем никеля и характеризуется сильной помехоустойчивостью к внешним потокам воздуха и изменениям температуры. Ответ датчика на изменение поведения дыхательных динамических характеристик согласуется с выдохом импульсов воздуха человека, например, с силой потока воздуха при выдохе и частотой. Он имеет быстрый отклик и высокую чувствительность в выявлении слабого дыхания. Предварительные испытания показали, что он может быть успешно использован для мониторинга в режиме реального времени человеческого дыхания высокой частоты (~ 100 Гц) и небольшой силы ($\sim 0,5$ л/мин).

Ожидается, что пленки УНТ или пленки биосовместимых композитных наноматериалов с УНТ (ОУНТ или МУНТ) с широкими диапазонами проводимости будут востребованы в разработках разнообразных датчиков газов с высокими физическими характеристиками [4].

1. *Abdellah A., Abdelhalim A., Horn M., Scarpa G., and Lugli P.* IEEE Transaction on nanotechnology. 2013. Vol. 12(2). PP.174-181.
2. *Modi A, Koratkar N., Lass E., Wei B., and Ajayan P.* MNATURE. 2003. Vol.424. PP. 171-174.



3. *Chen X., Wang Yan., Wang Yuh., Hou Z., Xu D., Yang Z., and Zhang Y. Sensors and Actuators A. 2010. Vol.158. PP. 328-334.*
4. *Герасименко А.Ю., Ичкитидзе Л.П., Селищев С.В. Благоев Е.В., Павлов А.А., Галперин В.А., Кицюк Е.П., Шамана Ю.П. Известия вузов. Электроника. 2014. № 5(109). С. 63-67.*

Ичкитидзе Леван Павлович, доцент
E-mail: leo852@inbox.ru



ДАТЧИКИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ

Ичкитидзе Л.П.^{1*}, Преображенский Р.Ю.¹, Гаврюшина М.Л.²

¹Национальный исследовательский университет «МИЭТ», МИЭТ, Зеленоград, 124498, Москва, *эл-почта: leo852@inbox.ru

²ОАО «Базовые технологии», ул. Ивана Франко, д.4, 121108, Москва

Рассмотрены некоторые датчики магнитного поля (ДМП) с возможностью применения их в медицинской практике. Из ДМП, не требующих криогенного охлаждения, в магнитокардиографии (МКГ) наиболее подходящими являются так называемые атомные магнитометры с лазерной накачкой [1]. Для них разрешение по магнитному полю составляет $B_n \sim 10$ пТл/Гц^{1/2}.

Из ДМП, требующих криогенного охлаждения, универсальными являются коммерческие магнитные системы, содержащие сверхпроводящие интерференционные датчики (СКВИДы) [2]. Для них $B_n \sim 5$ фТл/Гц^{1/2}. Например, магнитоэнцефалограф (МЭГ), содержащий СКВИДы, является единственным аппаратным средством, которое позволяет неинвазивно фиксировать нейронную активность головного мозга и диагностировать эпилепсию. Однако, поскольку на практике большинство магнитных систем (МКГ, МЭГ и др.) содержат большое число (несколько сотен) СКВИДов, имеющих высокую стоимость, их распространение сильно ограничено. Высокая цена таких систем в основном обусловлена дороговизной СКВИДов (~ \$2000 за шт.).

Описан новый комбинированный датчик магнитного поля (КДМП), основанный на явлениях сверхпроводимости и магнитосопротивления [3,4]. КДМП состоит из сверхпроводящего кольца с сужением, так называемой активной полосой (АП), для концентрации измеряемого поля, и из магниторезистивного элемента, например, на эффекте гигантского магнитосопротивления, в качестве магнитноточувствительного элемента



(МЧЭ). В конструкции КДМП предусмотрены близкое расположение АП и МЧЭ и максимальная магнитная связь между ними.

При разбиении (наноstructuring) АП в виде параллельных сверхпроводящих ветвей и прорезей с ширинами в диапазоне 20-1400 нм, значительно улучшаются параметры КДМП [5,6]. Например, разрешение B_n уменьшается более чем на порядок, а динамический диапазон измерения расширяется в несколько раз по сравнению с КДМП со сплошными (не наноstructuring) АП. КДМП может иметь энергетическое разрешение на уровне высокотемпературных СКВИДов ($\sim 10^{-27}$ Дж/Гц) и разрешение по магнитному полю, близкое к разрешению низкотемпературных СКВИДов ($B_n \sim 1$ фТл/Гц^{1/2}).

В настоящее время в медицинской практике активно внедряются новые методы неинвазивной диагностики (векторная доставка лекарственных препаратов с помощью магнитных наночастиц, оценка роста натурной ткани на имплантатах или на швах, полученных при лазерной сварке) и новые биосовместимые наноматериалы (белки с углеродными нанотрубками, инкапсулированными магнитными наночастицами, наноматериалы с ферромагнитными или суперпарамагнитными частицами). Кроме того, важными задачами являются обеспечение регулярного неинвазивного контроля работы активных имплантированных аппаратов (искусственное сердце, аппарат вспомогательного кровообращения, различные стимуляторы и др.) и повышение пространственного разрешения магнитно-резонансных томографов. Перечисленные задачи, а также, возможно, и многие другие, могут быть решены с применением высокочувствительных датчиков магнитных полей, проанализированных в настоящей работе.

Авторы выражают благодарность профессорам В.М. Подгаецкому и С.В. Селищеву за полезные советы. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-39-00089).

1. *Budker D., Romalis M.* Nature Physics. 2007. Vol. 3(4). PP. 227-234.
2. *Robbes D.* Sensors and Actuators A: Physical. 2006. Vol. 129(1). PP. 86-93.
3. *Pannetier-Lecoeur M.* Dissert. – Univer. Pierre et Marie Curie-Paris VI, 2010. PP.32-34.



4. *Pannetier-Lecoeur M. et al.* Science. 2004. Vol. 304(5677). PP. 1648-1650.
5. *Ichkitidze L., Mironyuk A.* Physica C: Superconductivity. 2012. Vol. 472(1). PP. 57-59.
6. *Ичкитидзе Л.П., Миронюк А.Н.* Патент RU № 2455732.

Ичкитидзе Леван Павлович, доцент
E-mail: leo852@inbox.ru



ФОТОННО-КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ИК-СВЕТОВОДЫ НА ОСНОВЕ ДЕФЕКТНЫХ КРИСТАЛЛОВ

Корсаков А.С., Жукова Л.В., Львов А.С., Торкунова Н.А., Кашуба И.А.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина», 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира 19*

Кристаллы на основе твердых растворов галогенидов серебра $\text{AgCl}_x\text{Br}_{1-x}$ и разработанные в последнее время кристаллы $\text{AgCl}_x\text{Br}_y\text{I}_{1-x-y}$ (ТII) и $\text{Ag}_{1-x}\text{Tl}_x\text{Br}_{1-y}\text{I}_y$ обладают кубической сингонией и имеют структурный тип NaCl [1]. Принято считать, что все твердые растворы являются дефектными кристаллами, что определяет их физико-химические свойства [2]. Химические составы кристаллов для изготовления сердцевин, оболочки и вставок должны обладать близкими значениями температур плавления и деформации, вязкости, линейного коэффициента термического расширения и т.д., поэтому для изготовления фотонно-кристаллических ИК-световодов применяют кристаллы твердых растворов одной и той же системы, либо близкой к ней по оптико-механическим свойствам, но с различным соотношением макрокомпонентов, т.е. изменяющимся показателем преломления [3].

Свойства ИК-световодов непосредственно связаны с химическим составом, а следовательно и структурой, размером и равномерностью распределения зерен, а также величиной пустот между ними. Благодаря экспериментально подобранным режимам экструзии и оптимальному составу кристаллов, происходит формирование наноструктуры, как в сердцевине, так и в оболочке двухслойного ИК-световода (рис.). Это придает материалу световода повышенную гибкость и прочность, а также понижает оптические потери. В частности, на длине волны $\lambda = 10,6$ мкм CO_2 -лазера они составляют 0,1 дБ/м и менее [1]. Для работы на длине волны $\lambda = 10,6$ мкм изготовили световод с диаметром сердцевинки 98 мкм.



Сердцевина и оболочка изготовлены из кристаллов системы $Ag_{0,81}Tl_{0,19}Br_{0,81}I_{0,19}$. В оболочку световода помещены в гексагональном порядке шесть вставок диаметром 42 мкм на расстоянии между их центрами 70 мкм, которые изготовлены из кристаллов состава $Ag_{0,87}Tl_{0,13}Br_{0,87}I_{0,13}$. Отношение диаметра вставок к расстоянию между их центрами составляет 0,6. Числовая апертура $NA = 0,13$, угол ввода электромагнитного излучения в световод – 15° при нормализованной частоте, равной 1,96. Проведена съемка торца световода: излучение на выходе из сердцевины имеет вид гауссовской функции, что указывает на распространение одной фундаментальной моды [3].

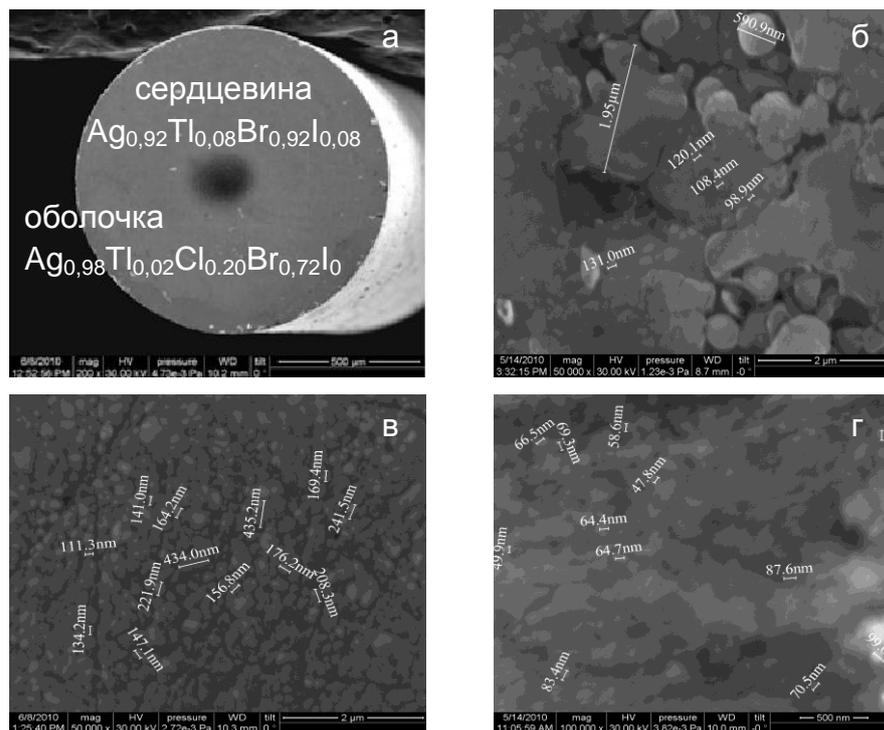


Рис. Поперечное сечение фотонно-кристаллического ИК-световода: а) увеличение $\times 200$; б) оболочка – увеличение $\times 50\,000$; в) сердцевина – увеличение $\times 50\,000$; г) сердцевина – увеличение $\times 100\,000$



1. A. Korsakov, L. Zhukova, Crystals for IR fiber optics, (LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011).
2. P.V. Kovtunenکو, *Physical chemistry of solid state. Defective crystals* (Higher School, 1993).
3. 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. pp. 2414-2418.

Жукова Лия Васильевна, профессор, д.т.н.
E-mail: l.v.zhukova@urfu.ru



СУПЕРКОНДЕНСАТОР С Li ПРОВОДЯЩИМИ ЛИОТРОПНЫМИ ЖИДКИМИ КРИСТАЛЛАМИ В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОЛИТА

Кузьмин А.В., Юртов Е.В.

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
Москва andvas89@gmail.com*

Ионные лиотропные жидкие кристаллы способные проводить Li ионы, являются весьма перспективным объектом исследования в качестве электролитов для суперконденсаторов ввиду своих уникальных свойств. Подобные электролиты отличаются наличием текучести при сохранении упорядоченной внутренней структуры, зачастую обладают высокой проводимостью, превосходящей проводимость в изотропной фазе для данного вещества, а также возможностью тонко подстроить те или иные физические свойства под необходимые требования путем изменения состава. Стоит отметить также небольшую стоимость использованных реактивов и составляющих частей, а также относительную экологическую безопасность.

В нашей работе для получения жидких кристаллов использовался додецилбензолсульфонат лития (LiDoBS). Додецилбензолсульфонат лития это анионное поверхностноактивное вещество (ПАВ), которое в воде в зависимости от концентрации может формировать две жидкокристаллические фазы, отличающиеся по своей структуре и свойствам. При меньших концентрациях в интервале 29-50 мас. % LiDoBS формируется прямая или нормальная гексагональная жидкокристаллическая фаза, далее при концентрации более 50 мас. % LiDoBS образуется ламеллярная жидкокристаллическая фаза. При концентрациях меньших, чем 29 мас. % существует мицеллярный раствор, характерный для всех ПАВ.

Как показали исследования электрической проводимости в системе LiDoBS/вода наибольшей проводимостью обладает нормальная



гексагональная фаза при концентрации 35 мас. % и с удельной проводимостью 32.5 мСм/см. Данный состав и был протестирован в качестве электролита для суперконденсатора.

В качестве электродов использовалась углеродная ткань УВИС-АК-Т-0.55, которая нарезалась в форме квадратов площадью 9см². В роли токосъемников выступали две плоские никелевые пластины, а в качестве сепаратора использовалась конденсаторная бумага.

Собранный конденсатор исследовали несколькими методами: циклическая вольтамперметрия при разных скоростях развертки, метод заряда/разряда постоянным током и метод импедансной спектроскопия.

В результате испытаний собранного конденсатора с электродами из углеродной ткани получены следующие результаты. По методу циклической вольтамперметрии емкость составила 12.9 Ф/г при скорости развертка 5мВ/с в пересчете на массу двух электродов, по методу заряд/разряд постоянным током величиной 10 мА емкость составила 15 Ф/г, при частоте 0.015Гц емкость составила 11.8 Ф/г.

Было определено электрохимического окна для данного жидкокристаллического электролита по трехэлектродной схеме методом циклической вольтамперметрии с Ag/AgCl электродом сравнения, в результате было показано, что величина электрохимического окна составляет 2.3В. Это достаточно большая величина для водосодержащего электролита. Таким образом, можно вычислить примерное значение плотности энергии для конденсатора с электролитом состава 35 мас. % LiDoBS и углеродными электродами УВИС-АК-Т-0.55. Предельная удельная плотность энергии составляет 10 Вт·ч/кг в пересчете на массу электродного материала. Это превышает значения для большинства выпускаемых сегодня в промышленном масштабе суперконденсаторов.

Кузьмин Андрей Васильевич, аспирант
E-mail: andvas89@gmail.com



ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В НАНОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТАХ

КВАНТОВАЯ ЗАПУТАННОСТЬ И ПАРАДОКС ИН

Ивасышин Г.С.¹

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

«...Чем успешнее становится квантовая теория, тем глупее она
выглядит...»

А. Эйнштейн. Лауреат нобелевской премии по физике в 1921 г.

«...Парадоксы – вот единственная правда!...»

Английский писатель, драматург Бернард Шоу

«...Причудлив парадоксов путь, с ним здравый смысл ты забудь...»
английский физик У. Гилберт

Рассматриваются различные аспекты развития квантовой теории. На основе определения остаточных напряжений и релаксации их в деталях произвольной формы методом профилированной координатной сетки анализируется технологический вариант интерпретации парадокса Эйнштейна – Подольского – Розена, касающегося загадки измерений двух далеко отстоящих друг от друга частиц, находящихся, однако, во взаимосвязанных квантовых состояниях.

¹Ивасышин Генрих Степанович, профессор
E-mail: genrih.ivasyshin@yandex.ru



Цель настоящей работы – обеспечение условий управления внутренним и внешним трением на основе разработки подхода к решению парадокса Эйнштейна-Подольского-Розена (ЭПР).

Постановка задачи: анализ технологического варианта интерпретации парадокса Эйнштейна – Подольского – Розена.

«...Для описания структуры и процессов на атомном уровне физики создали мощный инструмент – **квантовую механику**. Зная массу и заряд ядра атома, с помощью квантовой механики принципиально можно установить не только строение отдельного атома, но и любого агрегата атомов. **Однако фактические достижения в этом направлении ещё далеки от уровня, на котором находятся основы теории...**» [3].

Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена (ЭПР), касающийся загадки измерений двух далеко отстоящих друг от друга частиц, находящихся, однако, во взаимосвязанных квантовых состояниях («...сейчас такого рода корреляция называется **квантовой запутанностью...**») [3], а также определенные трудности теории дислокаций, связанные, в частности, с тем, что в 1 см³ холоднодеформированного металла находится ~ 1 млн км дислокаций, расположенных не упорядоченными рядами, а образующими **запутанные клубки**, объясняют тот факт, что «...до сих пор не удалось получить даже приближенных решений квантовой механики...» [3].

«...Последним заметным вкладом Эйнштейна в развитие физики стала работа, посвящённая парадоксу Эйнштейна–Подольского–Розена (ЭПР), опубликованная в 1935 году, в которой он ставит под сомнение традиционную вероятностную интерпретацию квантово-механической волновой функции. Работа была написана совместно с Борисом Подольским и Натаном Розеном, коллегами Эйнштейна по Институту фундаментальных исследований. Парадокс ЭПР касается загадки измерений двух далеко отстоящих друг от друга частиц, находящихся, однако, во взаимосвязанных квантовых состояниях. Сейчас такого рода корреляция называется **квантовой запутанностью**, а математик и физик из Оксфорда Роджер Пенроуз любит называть её «**quaglement**».



Эйнштейн, Подольский и Розен (ЭПР) предполагали, что две частицы, скажем, одинаковой массы изначально находятся в квантовом состоянии точно известного расстояния между ними и точно известного полного импульса. Например, их может разделять расстояние в 100 метров, а полный импульс, который является суммой импульсов двух частиц, может равняться в точности четырем единицам импульса. Это не противоречит принципу неопределенности, поскольку точная величина (с нулевой неопределенностью) суммы импульсов частиц требует большой неопределенности суммы положений частиц, но не ставит никаких условий для неопределенности расстояния между частицами, то есть разницы их положений.

При наличии такой пары частиц предполагается, что положение первой частицы точно измеряется с помощью некоего детектора небольшого размера. Поскольку уже известно, что вторая частица находится на расстоянии 100 метров, то измерение точного положения первой частицы позволяет вывести точное положение второй. Затем ученые доказывают, что поскольку детектор мал и работает только вблизи первой частицы, то он не возмущает вторую, и, таким образом, эта **вторая частица должна обладать установленным положением еще до того, как было произведено ее измерение**. Соответственно, **утверждается, что точное (хотя и неизвестное) значение положения второй частицы уже существовало еще до проведения измерений**.

Далее они предполагают, что вместо измерения положения измеряется импульс первой частицы. Поскольку полный импульс уже известен, **измерение импульса первой частицы позволяет вывести импульс второй**, и снова **доказывается, что, поскольку это измерение никак не возмущает вторую частицу, точное значение импульса второй частицы опять же должно существовать еще до проведения измерений**.

Итак, и положение, и импульс второй частицы должны иметь точные значения до измерения, что противоречит квантовой механике, которая утверждает, что положение и импульс любой частицы никогда нельзя



определить одновременно. **На основании этого парадоксального результата Эйнштейн, Подольский и Розен заключают, что квантовая механика несовершенна**, поскольку дает описание частиц, которое не так точно, как может быть. По их мнению, описание частиц в квантовой механике должно дополняться некими дополнительными «скрытыми переменными», которые определяют точные значения положения и импульса, на существование которых указывает их доказательство.

Доказательство Эйнштейна, Подольского и Розена связано с реальным существованием свойств частиц и с локальным характером измерений, произведенных над частицей. Положение и импульс второй частицы, предположительно, существуют сами по себе, даже если мы их не измеряем, а измерение, произведенное над первой частицей, предположительно, не имеет возмущающего влияния на вторую частицу. Бор и другие защитники квантовой механики ставили под сомнение ЭПР-парадокс, отрицая оба эти предположения. Они утверждали, что частицы имеют свойства не сами по себе, а лишь по отношению к процедуре измерений, и что, когда измерение проводится над одной из пары запутанных частиц, это влияет и на другую частицу, даже при условии, что она находится очень далеко от места измерения...» [4].

«...Сама работа имела далеко идущие последствия для квантовой механики, и споры вокруг ЭПР-парадокса и **квантовой запутанности** не утихают среди физиков и философов и по сей день. Благодаря этой работе не так давно стали проводиться эксперименты со скрытыми переменными, **квантовой запутанностью и «телепортацией», своего рода квантовой магией**, когда измерения в одном месте вызывают изменения квантово-механического состояния в другом, удалённом месте, недоступном для сигналов из первого...» [4].

«...Наиболее удивительный вывод, вытекающий из квантовой теории, состоит в том, что квантовая частица, хоть и обладает корпускулярным свойством дискретности, теряет тем не менее присущую классической частице способность одновременно занимать определённое положение в пространстве и иметь при этом определённую скорость.



Иногда эту мысль выражают следующим образом: невозможно одновременно измерить положение и скорость квантовой частицы...» [2].

«...Но невозможность таких измерений не является, вообще говоря, достаточным основанием отрицать, что частица может одновременно обладать определённым положением и скоростью, или, выражаясь более точно, что следовало бы отказаться от попыток создать теорию, в которой квантовая частица одновременно имела бы определённое положение и скорость».

Таким образом, если рассматривать только такие объекты, которые действительно существуют в нашем мире, то оказывается невозможным (даже мысленно) одновременное измерение положения и скорости, поскольку световые частицы, электроны да и все другие частицы обладают фундаментальными квантовыми свойствами.

При попытке определить положение одного квантового объекта с помощью другого одна из характеристик первого становится абсолютно неконтролируемой. Чтобы измерить положение частицы с большой точностью, мы вынуждены использовать другую частицу с очень короткой длиной волны, которая при измерении существенно изменяет импульс первой частицы. Обдумывая все эти мысленные опыты, Гейзенберг показал, что в рамках существующей квантовой теории максимально возможные точности измерения положения и импульса находятся из его принципа неопределённости...» [2].

На основе научного открытия «Закономерность аддитивности упругого последействия в объёмных частях и поверхностных слоях пар трения» (Диплом № 258) [1] разработано оригинальное техническое решение:

**«Способ определения релаксации
остаточных напряжений в деталях»
[NSU 328324 A1 МПК G01 B5/30]**

«Способ определения релаксации остаточных напряжений в деталях, например в спиральных дисках токарных самоцентрирующих спирально-



реечных патронов, заключающийся в том, что на деталь наносят координатную сетку и о величине остаточных напряжений судят по изменению расстояния между характерными точками координатной сетки после приложения нагрузки, сопоставляя измеренные отклонения с тарировочным графиком, отличающийся тем, что, с целью упрощения технологии испытания, в качестве координатной сетки используют элементы конструкции летали, например выполненную на поверхности диска спираль, и измеряют изменение расстояния между элементами конструкции летали, например отклонение шага и профиля спирали диска.»

Согласно А. Г. Рахштадту обратное упругое последствие представляет собой деформацию под воздействием остаточных напряжений.

Имея в виду это замечание А. Г. Рахштадта, а также анализируя гамму деформационных кривых, интерпретирующих координаты и импульсы измерений точек (частиц), находящихся в квантовом состоянии и на известном расстоянии друг от друга, **представляется возможным заключить, что парадокс Эйнштейна–Подольского–Розена (ЭПР) разрешим на технологическом уровне.**

Исследование динамики профилированной координатной сетки во времени (в виде дрейфа во времени деформационных кривых) дает возможность **изучить интегрированные характеристики дислокаций** в поверхностных слоях и объемных частях деталей машин и механизмов, имея в виду то, что «... **упругое последствие является не свойством твердого тела как такового, а только результатом царящего в нем беспорядка**» (А.Ф. Иоффе).

Создание конкурентоспособных технологий на основе научных открытий (Диплом № 258 [1], Диплом № 277 [1], Диплом № 289 [1], Диплом № 302 [1] даст возможность сформировать определенный научно-технический потенциал в области микро- и нанотехнологий, адекватный современным вызовам мирового технологического развития.



ВЫВОДЫ

1. Определение остаточных напряжений и релаксации их в деталях произвольной формы методом профилированной координатной сетки даёт возможность заключить, что **парадокс Эйнштейна–Подольского–Розена (ЭПР)**, касающийся загадки измерений двух далеко отстоящих друг от друга частиц, находящихся, однако, во взаимосвязанных квантовых состояниях, **имеет технологическую интерпретацию.**

2. Информационный потенциал научного открытия **«Закономерность аддитивности упругого последствия в объёмных частях и поверхностных слоях пар трения» (Диплом № 258)** [1], а также оригинальных технических решений, базирующихся на научном открытии, **дает возможность получить не только значение положения второй частицы, а также точное значение импульса этой частицы, но и информацию о строении вещества, физико-механических характеристиках частицы — коэффициенте Пуассона ν , модуле упругости E , модуле сдвига G , динамической твёрдости HI , относительной износостойкости ε , а также об остаточных напряжениях и релаксации их.**

В этой связи физико-механические свойства этой частицы определяются конкретной координатой деформационной кривой, отражающей упругое последствие и соответствующей импульсу.

«...Как известно, нередко учёт малых эффектов, едва уловимых на первоначальной стадии исследования, впоследствии, при более глубоком проникновении в сущность природы явлений и при расширении поля приложений становится основой будущего прогресса.

Многие фундаментальные свойства вещества и закономерности были открыты в результате обсуждения эффектов, обнаруживающихся на грани экспериментальных возможностей...» (Л. И. Седов, академик).



Изобретение «Способ определения релаксации остаточных напряжений» [№ SU 328324 A1 MKU G01B5/30] — альтернатива принципа неопределённости Гейзенберга.

3. Парадокс ИН (реализуется на основе научных открытий [1]) касающийся загадки измерений физико-механических характеристик двух далеко отстоящих друг от друга частиц, находящихся, однако, во взаимосвязанных квантовых состояниях подтверждает то, «...что точное (хотя и неизвестное) значение положения второй частицы уже существовало ещё до проведения измерений...». На основании парадокса ИН можно заключить, что квантовая механика несовершенна (в развитие парадокса Эйнштейна–Подольского–Розена).

4. Известную формулу Планка $E = h\nu$, лежащую в основе квантовой теории, а также известное уравнение Больцмана $S = k \ln W$, устанавливающего связь между вероятностью данного состояния и её энтропией, представляется возможным аппроксимировать зависимостью $N = iH \ln W$, имеющей мультипликативный эффект в плане дальнейшего развития квантовой теории, например, квантовой теории трения и её приложений квантовой механики (от компьютеров до мобильных телефонов, радиоприемников, CD-плееров и телевизоров), а также интерпретации энтропии.

Чтобы найти импульс (квант) силы N надо умножить упругое последствие ΔY (задержанную во времени упругую деформацию атомов) на постоянную величину, константу H . Квант силы должен быть пропорционален логарифму термодинамической вероятности W .

5. Имея в виду, что тела, взаимодействующие в микроэлектромеханических и наноэлектромеханических системах — миниатюрные телероботы, микроспутники, микроприборы, нанокomпьютеры, микросенсорные устройства, микрозеркала, микрооптоэлектронные приборы, микрорефрижераторы, химические и биохимические микрореакторы и другие — очень малы, а удельные нагрузки на наноконтактах так велики, что трибологические процессы в значительной степени определяются атомно-молекулярным взаимодействием контактирующих поверхностей,



представляется актуальным создание материалов на основе научных открытий (Дипломы №№ 289 и 302) для пар трения с гелиевым изнашиванием с возможностью подавления водородного изнашивания на основе реализации углеродно-азотного цикла (эффекта) и протон-протонного цикла в зоне трения (эффекта), а также обеспечения управления трением за счёт сверхтекучести гелия в микро- и нанотрибосистемах.

Литература

1. Ивасышин Г. С. Научные открытия в микро- и нанотрибологии. // Межотраслевой альманах. Деловая слава России. М.: Славица, 2007. III выпуск. С. 47–48.
2. Купер Л. Физика для всех. Пер. с англ. М.: Мир, 1974. 384 с.
3. Макклиток Ф., Аргон А. Деформация и разрушение материалов. Пер. с английского. М.: Мир, 1971. 444 с.
4. Оханьян Ханс. Эйнштейн: настоящая история великих открытий. Пер. с англ. М.: Эксмо, 2009. 284 с.



ОРГАНИЗАЦИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ В СФЕРЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В РОССИЙСКИХ ШКОЛАХ НА ПРИМЕРЕ СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Гордеев Ю.А.

доктор биологических наук

j.a.gordeev@mail.ru

Сегодня мир стоит на пороге VI-го технологического уклада. Его контуры только начинают складываться в развитых странах мира и характеризуются нацеленностью на развитие и применение нанотехнологий. Согласно прогнозам, при сохранении нынешних темпов технико-экономического развития, VI-й технологический уклад вступит в фазу распространения в 2010–2020 гг., а в фазу зрелости – в 2040-е гг. При этом в 2020–2025 годах произойдет новая научно-техническая и технологическая революция. Для подобных прогнозов есть основания. В США, например, доля V-го технологического уклада составляет 60%, IV-го – 20% и около 5% уже приходится на VI-й технологический уклад. В России, к сожалению, VI-й технологический уклад пока формируется с трудом. Думается, что при сложившихся формах и методах управления, организации и финансирования работ подобный прорыв России осуществить так и не удастся. Нужны кардинальные изменения в этих вопросах. Они возможны лишь в том случае, если науке придать статус самостоятельной базисной отрасли экономики, а «центр тяжести»



развития науки должен переместиться в стены ВУЗов. Главная задача которых – подготовка специалистов новой формации, трудновыполнима без базовых знаний абитуриентов в области нанотехнологий.

Заинтересованные организации, безусловно, участвуют в создании новых знаний школьников. Так, Нанотехнологическое сообщество «НАНОМЕТР» уже несколько лет подряд проводит Всероссийскую интернет-олимпиаду школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых в области наносистем, наноматериалов и нанотехнологий "Нанотехнологии - прорыв в Будущее!" (http://www.nanometer.ru/olymp2_o5.html). В рамках Программы Фонда инфраструктурных и образовательных программ Госкорпорации «РОСНАНО» создана «Школьная лига РОСНАНО». Это сетевой проект, целью которого является продвижение в школах Российской Федерации идей, направленных на развитие современного образования, в первую очередь – естественнонаучного (<http://schoolnano.ru/node/1449>).

Но этот процесс пока замедлен недостатком талантливых молодых людей, способных к прорывным открытиям. Поэтому, в такой ситуации инновационный процесс на начальном уровне образования необходимо сделать для всех российских школ обязательным. Для решения этого вопроса необходимо ввести в план учебного процесса изучение основ нанотехнологий. Пилотной площадкой для этого могли бы стать несколько школ города Смоленска. Схема процесса обучения в данном случае, представляется следующим образом (рис. 1).



Рис. 1. Схема процесса обучения основам нанотехнологий в школе

Нанотехнологическое общество России (НОР), а именно его смоленское отделение может взять на себя функцию координатора, малое инновационное предприятие «Экоинновация» Смоленского государственного университета может организовать процесс обучения. В итоге повысится квалификация школьных учителей, а ВУЗы, институты и предприятия Смоленской области и России в целом получат высококвалифицированных студентов, ученых и технологов обладающих новым уровнем знаний в области нанотехнологий.

Формы организации школьных занятий по основам нанотехнологий могут быть совершенно разными (рис. 2).

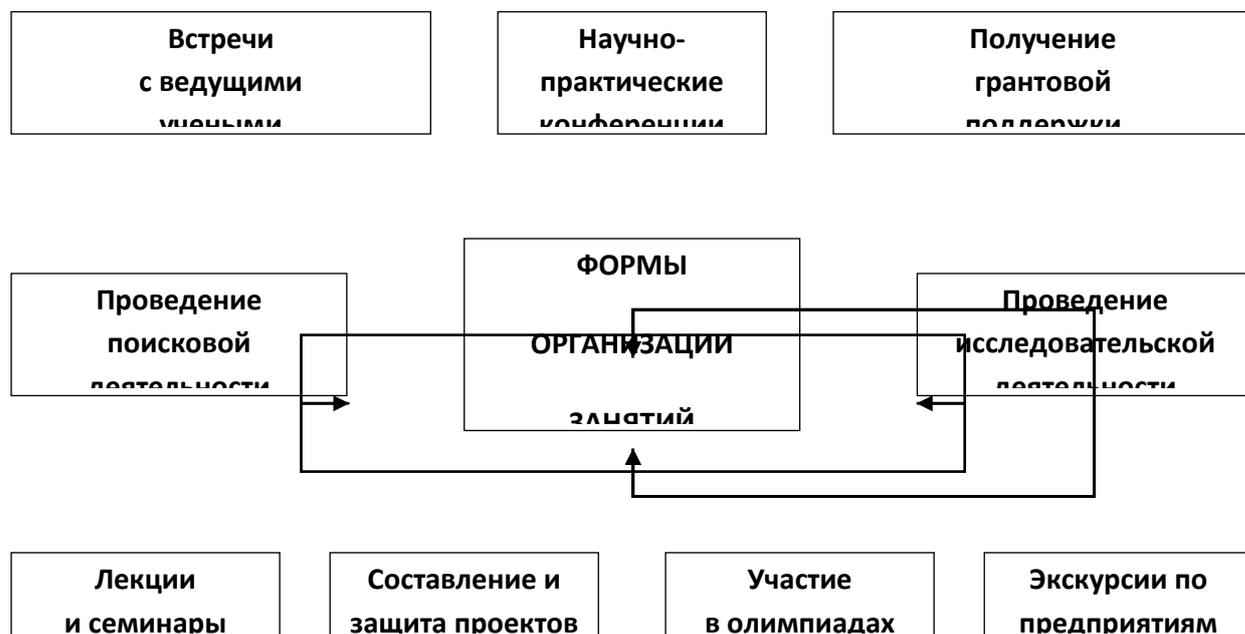


Рис. 2. Формы организации занятий по основам нанотехнологий, которые можно проводить с применением новейших достижений IT-технологий

Сегодня компьютеры и Интернет прочно вошли в нашу жизнь, поэтому обучение должно проводиться с применением новейших достижений IT-технологий. Встречи школьников с ведущими российскими учеными, лекции и семинары можно организовать в онлайн режиме. Научно-практические конференции школьников, помощь в составлении и защите проектов тоже можно проводить с помощью мультимедийных средств сети Интернет. Проведение поисковой деятельности и получение грантовой поддержки также не возможно без применения компьютера и Интернета. Экскурсии школьников по предприятиям, выпускающим нанотехнологическую продукцию можно тоже проводить виртуально. Также в современном мире проводить полноценную научно-исследовательскую деятельность невозможно без использования компьютерных средств и Интернета.



Преимущества онлайн обучения школьников основам нанотехнологий неоспоримы и выгодны для всех участников данного процесса (рис. 3).

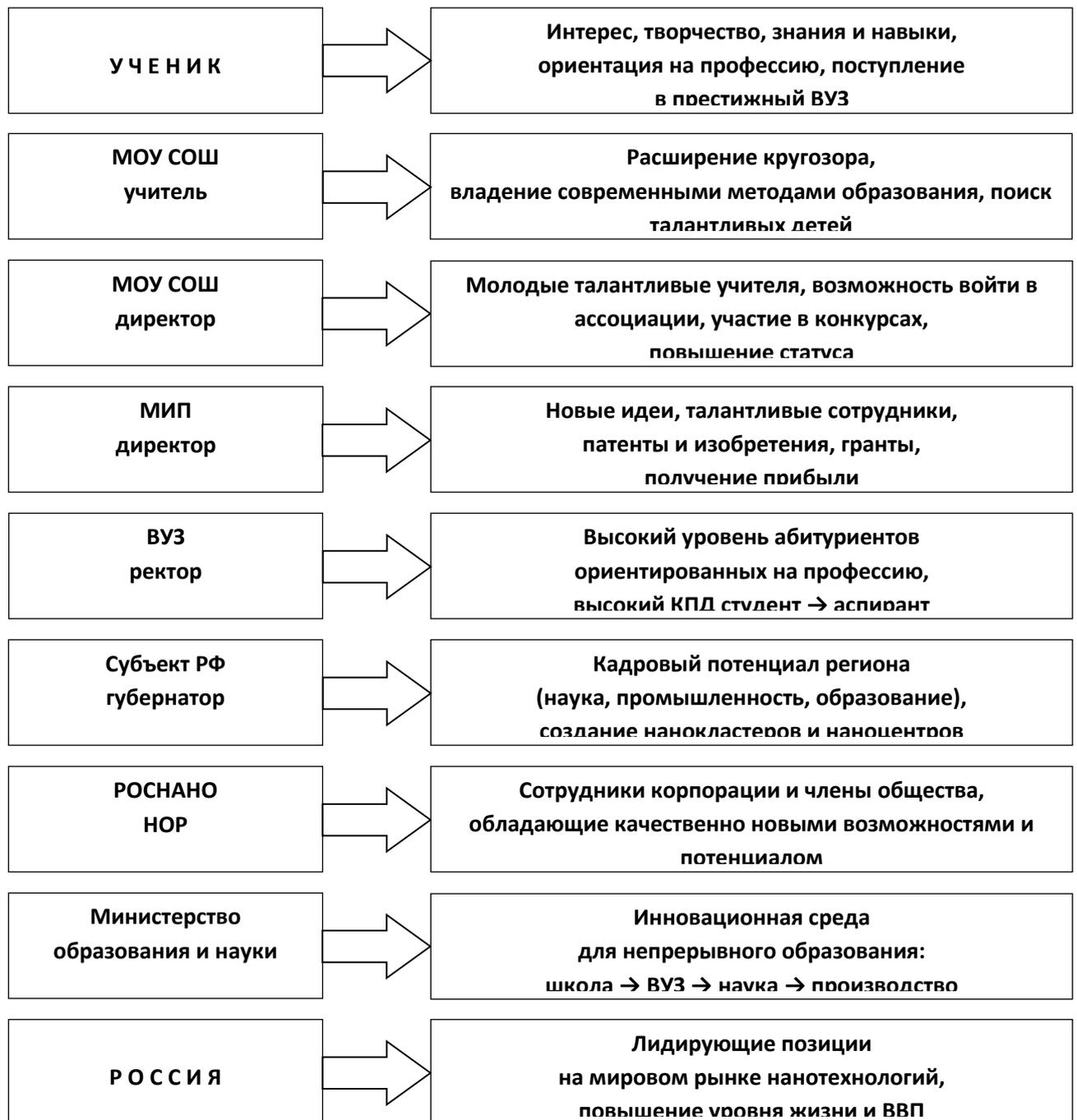


Рис. 3. Схема конечных результатов онлайн обучения школьников основам нанотехнологий



ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНСТРУКЦИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Раткин Л.С.

Физико-техническое отделение Центра фундаментальных исследований НИЦ «Курчатовский институт», ООО «АРГМ», Москва, rathkeen@bk.ru

В 2014 годах состоялась серия запусков космических кораблей, в частности, в начале декабря 2014 года состоялся пробный пуск корабля многоразового использования «Орион» (США). Разработанные и спроектированные в зарубежных лабораториях, космические аппараты имели конструктивные особенности, предусматривавшие использование наноматериалов.

В ходе проведенного моделирования для космических аппаратов особое внимание уделялось техническим характеристикам аппаратов и финансово-экономическим параметрам проектов, в соответствии с которыми они были разработаны. Все данные были получены из открытых информационных источников (российских и зарубежных). В ходе моделирования удалось выявить особенности, касающиеся применения наноматериалов для космических аппаратов и некоторых элементов инфраструктуры космодромов. Проанализирована соответствующая нормативно-правовая база.

На основании данных открытых информационных источников проведен сравнительный анализ разработанных и проектируемых космических аппаратов, в конструкции которых использованы наноматериалы. Сопоставлены их технические характеристики (вес, габаритные размеры, полезная нагрузка) и финансово-экономические параметры: объемы заемных и собственных средств, капиталовложения по государственным программам, сроки окупаемости и т.д. Даны рекомендации по развитию данного направления в России с использованием потенциала



отечественных научно-производственных предприятий, организаций и академических институтов.

В структуре предприятий российской космической промышленности целесообразно создание сети отечественных подразделений по разработке, проектированию и конструированию летательных аппаратов с применением наноматериалов. Помимо головного подотраслевого предприятия обязательна межотраслевая кооперация с научно-производственными организациями разных регионов. Необходима также организация подготовки специалистов по новой специальности (специализации) «Наноматериалы для космического туризма» на базе ведущих вузов РФ. Данная инициатива может быть рассмотрена на заседаниях в Государственной Думе и Совете Федерации Федерального Собрания РФ, Общественной палаты РФ, Союза ректоров России и Президиума РАН.

Раткин Леонид Сергеевич
E-mail: rathkeen@bk.ru



НАНОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ «НАНОСПУТНИКОВ»: ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ

Раткин Л.С.

*Физико-техническое отделение Центра фундаментальных исследований
НИЦ «Курчатовский институт», ООО «АРГМ», Москва, rathkeen@bk.ru*

В рамках российских и зарубежных научных программ в 2014 году были произведены запуски ракет с выводом на орбиту наноспутников. Их разработка осуществлялась как по госпрограммам, так и с привлечением частного финансирования. Ряд наноспутников был выведен в рамках реализации совместных образовательных программ и международных проектов.

Представлены высказывания в российских и зарубежных научных изданиях о «наноспутниках», свидетельствующие об изменении смысла термина за последнее десятилетие. Важным дополнением является анализ степени увеличения бортовой наноэлектроники и НЭМС на борту наноспутников – с первых моделей до запущенных во второй половине 2014 года. Представлен обзор по проблематике создания наноспутников за рубежом с точки зрения подготовки специалистов на научных кафедрах университетов.

Научная специальность «Наноспутники» в РФ, по сравнению с научно-образовательными системами других стран, может быть значительно расширена и дополнена программами и спецкурсами. В частности, возможно увеличение практических занятий на промышленном оборудовании ведущих российских научно-производственных предприятий космической отрасли, по наноспутникам для космической медицины, космоэкологии и производству отдельных компонентов для наноэлектронной индустрии. Одним из прогнозов развития наноспутников в мировой космической индустрии является дальнейшая их миниатюризация с сокращением размеров, снижением общего веса и увеличением доли



полезной нагрузки, в т.ч., за счет применения наноматериалов и средств наносистемной техники.

Раткин Леонид Сергеевич
E-mail: rathkeen@bk.ru



**ОТЕЧЕСТВЕННАЯ НАНОИНДУСТРИЯ В УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ:
«РЕАЛЬНЫЕ» И «МНИМЫЕ» КОНКУРЕНТЫ РОССИИ НА МИРОВОМ
ОТРАСЛЕВОМ РЫНКЕ**

Раткин Л.С.

*Физико-техническое отделение Центра фундаментальных исследований
НИЦ «Курчатовский институт», ООО «АРГМ», Москва, rathkeen@bk.ru*

Экономические санкции, введенные по отношению к России, изменили не только финансово-экономическую ситуацию в мире, но и сместили центры тяжести региональных отраслевых производств, в т.ч., в наноиндустрии. Представлены результаты исследований по изменению ситуации в динамике в ряде российских регионов. На основании данных открытых информационных источников, в частности, российской и зарубежной деловой прессы, представлены сведения о приостановке сотрудничества российских и зарубежных проектов в сфере «нано».

Приведены оценки возможного и потенциального экономических ущербов от приостановки (замораживания) реализации совместных проектов в сфере наноиндустрии. Представлены данные по смежным отраслям производств. Региональные предприятия, несущие косвенные убытки, переориентируются на поиск дополнительных рынков сбыта и производство импортозамещающей продукции.

Представлены открытые данные из зарубежной печати о том, как в иностранных СМИ рассматривают введение экономических санкций по отношению к России. Приведены примеры, характерные для информационной войны по вытеснению российских конкурентоспособных наноиндустриальных предприятий с мирового рынка. Разработана условная классификация «реальных» и «мнимых» конкурентов на мировом отраслевом рынке и представлены рекомендации по расширению сфер взаимодействия попавших под санкции предприятий внутри РФ.



Поскольку введенные по отношению к России экономические санкции со стороны ряда стран имеют долгосрочный характер и нацелены, в частности, на ограничение взаимодействия с РФ на мировом рынке высокотехнологичной продукции и ее вытеснению из наиболее инвестиционно–привлекательных секторов, включая наноиндустрию, необходима разработка комплекса мер по защите отечественных предприятий с финансированием по отраслям и регионам на «санкционный» период по линии государственных программ. Среди «реальных» и «мнимых» конкурентов российских предприятий на рынке наноиндустрии немало зарубежных фирм, участвующих в совместных проектах. Для минимизации ущерба организаций РФ целесообразно инициирование создания Системы внутриотраслевых трансрегиональных инвестиционных проектов по приоритетным направлениям социально-экономического развития, включая наноиндустрию (например, наномедицину).

Раткин Леонид Сергеевич
E-mail: rathkeen@bk.ru



ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ИХ РЕШЕНИЕ

Соколов Д.Ю.

Руководитель патентного департамента ЗАО «Нанотехнология МДТ»,
sokolov@ntmdt.ru, 124482, Россия, Москва, Зеленоград, корп. 317-А, а/я 158

В послевоенный период, начиная с 1946 года в Советском Союзе изобретатели стали активнее защищать свою интеллектуальную собственность. С 1953 года уже шел неуклонный ежегодный рост количества полученных авторских свидетельств на изобретения. С 1964-го года темпы роста увеличились. В 1967 году мы догнали Японию по количеству зарегистрированных изобретений. В начале 1970-х годов - обогнали Францию и Великобританию, к концу 1970-х годов сравнялись с США. Но с 1985-го года началось резкое уменьшение патентной активности, и только после 1991 года возник небольшой рост ежегодного получения российских патентов российскими изобретателями. В настоящее время патентная активность в России находится на следующем уровне. В 2012 году Роспатентом гражданам России было выдано 32.9 тыс. патентов. При этом резиденты Японии получили приблизительно 280 тыс. патентов, США – 250 тыс., а Китая – 220 тыс., Южной Кореи – 115 тыс. Может показаться, что отставание большое, но не катастрофическое. Однако, если посмотреть статистику международного патентования, то в 2012 году россияне получили всего лишь 822 патента за рубежом. А если вычесть из этого числа патенты, выданные Европейской патентной организацией, штаб квартира которой расположена в Москве, то останется 666 патентов, полученных гражданами России вне ее территории. Это составляет величину 2.9% от всех патентов, полученных россиянами. Для Японии аналогичный показатель составляет величину 118 тыс. (34.4 % от всех полученных патентов), для США – 105 тыс. (46,5 %), для Южной Кореи – 28 тыс. (25%). То есть, наша страна по ежегодному количеству получаемых патентов на территории других стран более чем в **100 раз** отстает от мировых лидеров. А от Японии мы отстаем в **177 раз**. В 2013 году темпы роста патентования в зарубежных странах только увеличились. В США было получено 302948 патентов. Китай по подаче международных заявок (23 тыс.) вышел на третье место после США и Японии. На Японию, Китай и Южную Корею в 2013 году пришлось 38% всех заявок, поданных по системе РСТ (при 25% в 2007 году). В России было подано всего 1087 международных заявок, что на 2 меньше, чем в 2012 году.

Кроме этого существует коэффициент изобретательской активности (K_i), который привязан к количеству патентов на 10 тыс. населения. Здесь мы в 13 раз отстаем от Южной Кореи и находимся на 20-месте в мире. Впереди нас находятся Финляндия, Нидерланды, Дания, Австрия, Норвегия, Австралия и даже КНДР с 3.4 патентов на 10 тыс. населения (у нас этот показатель составляет величину 3.1). Но если и здесь посмотреть на более объективный коэффициент K_i , привязанный к международному патентованию, то выяснится, что от Южной Кореи мы отстаем уже не в 13 раз, а более чем в **100 раз**. Приведенные статистические данные взяты



из [1,2]. При этом в настоящее время происходит относительное уменьшение количества российских изобретений, по отношению к зарубежным, защищенных патентами Российской Федерации. Ежегодно это уменьшение составляет около 20%. По некоторым высокотехнологичным направлениям, например, биотехнологии и цифровой обработке изображений число зарубежных изобретений **превысило 50% и доходит до 70%** от общего числа, зарегистрированных в России. При этом многие зонтичные формулы этих изобретений имеют количество зависимых пунктов, приближающихся к сотне, что, по сути, увеличивает приведенные проценты. Согласно этому, а также международным и российским законам, зарубежные патентодержатели могут запрещать российским фирмам производить и продавать свою продукцию. Причем со вступлением России в ВТО для наших бизнесменов эта ситуация может только усугубиться. Проблема осложняется еще и тем, что в настоящее время участились случаи атак патентных «троллей» на производителей продукции. «Тролли» могут ликвидировать их патенты и навязывать необоснованные выплаты [3].

Следует также заметить, что многие патенты, выданные на гражданскую продукцию, могут иметь двойное применение. Например, патенты на системы цифровой обработки изображений, в фотоэлектрической, зондовой и электронной микроскопии могут одновременно защищать и системы целенаведения ракет. Эти системы могут быть настолько похожи, что даже специалист не всегда определит истинное назначение патента. Например, проблема конвективного теплообмена в фотоэлектрической микроскопии, приводящая к искажению хода оптических лучей, меняющая истинное положение объекта и его форму, сходна с проблемой флуктуации атмосферы, которая также исказит положение цели и ее контуры. Цифровая обработка обоих изображений, позволяющая минимизировать эти искажения, будет идентичной (см. подробнее [4]). Таким образом, Российская Федерация может выдавать патенты иностранным заявителям, защищающие одновременно с гражданской продукцией и военные разработки.

Попробуем выяснить хотя бы часть причин такого катастрофического отставания России в области защиты интеллектуальной собственности от развитых стран.

Разумеется, уменьшение промышленного производства в России сказалось на востребованности изобретений и патентов. Но все-таки до 100 кратного отставания от мировых лидеров по объемам производства и разработок мы пока не дошли. Основная причина низкой патентной защищенности отечественных разработок, на мой взгляд, это разрыв поколений 1990-х годов. Знания и умения в области защиты интеллектуальной собственности до этого печального события передавались от старшего поколения к младшему. При этом государство популяризировало изобретательство через телевидение и периодические издания, поддерживало патентные службы предприятий, гарантировало выплаты большей части изобретателей и т.п. Существуют и некоторые другие причины низкой патентной защищенности отечественных разработок [5,6]. Разрыв поколений не восстановить. Посмотрим, что делает государство для поддержки своих государственных интересов.



Основными понятиями в долгосрочной государственной стратегии в области интеллектуальной собственности является – защита и управление интеллектуальной собственностью. Система подготовки патентных юристов и патентных поверенных в России существует, образовательный стандарт по обучению специальности «инженер-патентовед» создается. Обучением в области интеллектуальной собственности в стране занимаются: Высшая школа экономики, Российская государственная академия интеллектуальной собственности. Периодические занятия по этой теме проводят: Федеральный институт промышленной собственности, Российский фонд технологического развития, Институт повышения квалификации работников атомной промышленности, Фонд «Сколково». Работа эта, разумеется, необходима. Однако во всех программах перечисленных организаций обучение делает акцент на юридических и экономических вопросах. Основные публичные мероприятия в стране в области интеллектуальной собственности (конференции, форумы мастер-классы и т.п.) связаны с управлением ею. Согласно этому и строятся все системы обучения. При этом тема изобретательства в них практически не затронута. Система подготовки изобретателей, что является одной из основных задач любого технического ВУЗа - отсутствует. Подавляющее число статей, книг, методических пособий в области интеллектуальной собственности касаются управления ей, и только менее одного процента - современным технологиям изобретательства и патентования. Вопросы патентования, в основном рассматриваются в отрыве от изобретательства. При этом обучением патентованию занимаются патентоведы, которые сами часто ничего не изобретали, и мало чему могут научить начинающего изобретателя. Единственный, по сути, в нашей стране журнал, занимающийся обучением изобретательству - «Изобретатель и рационализатор», первый номер которого вышел в 1929 году с напутственной статьей Эйнштейна, в 2012-м году имел тираж около 3-х тыс. экземпляров. А в конце 1970-х - начале 1980-х годов его тираж составлял в среднем 400 тыс. экз. и даже доходил до 460 тыс. С учетом годовых колебаний тираж этого журнала упал более чем в **100 раз**. Опять эта мистическая цифра – **100**. Условно говоря, в **100 раз** стало меньше уделяться внимания изобретательству – в **100 раз** мы имеем меньше, чем нужно патентов. В настоящее время тираж этого журнала опустился до 2-х тыс. экземпляров, и следующем году из-за отсутствия государственной поддержки, по информации на сегодняшний день, журнал прекращает свое существование.

Разумеется, процесс управления интеллектуальной собственностью важен и его надо совершенствовать. Но в наших конкретных условиях, учитывая разрыв поколений 1990-х, к сожалению, существующую патентную стратегию России можно сформулировать как: **«Управлять тем, чего нет!»**.

Только два примера из-за рубежа. В Японии в 1960-70-е годы была реализована государственная программа массового обучения изобретательству. Создавались кружки изобретателей. Любое незначительное усовершенствование патентовалось. Конечно, японские изобретения в то время были довольно смешные. Но никто не отменял закона перехода количества в качество. В настоящее время японские патенты, по моему мнению, наиболее «сильные» и с технической, и с юридической точек зрения. В том числе такая политика в области патентования вывела Японию в мировые лидеры.

В Китае в настоящее время осуществлен переход от лозунга «Сделано в Китае» к лозунгу «Изобретено в Китае». Реализуя эту программу в 2011 году, Китай вышел



на первое место в мире по количеству заявок на изобретения (526.4 тыс.). В 2013 году эта величина составила 830 тыс. Темпы роста в получении патентов в настоящее время у Китая наивысшие в мире. Пока не все китайские патенты имеют высокий уровень, но учитывая китайский менталитет и богатые изобретательские традиции, вероятно через 5 лет их патенты станут не хуже японских и американских, и Китай выйдет по всем параметрам защиты интеллектуальной собственности на первое место в мире.

В обеих программах ключевым словом является «изобретательство».

По моему мнению, самое важное место в цепочке от идеи до патента, и дальше до его использования и получении прибыли **должен занимать изобретатель**. Реализация стратегии изобретательства в нашей стране должна быть осуществлена в первую очередь развёртыванием систем обучения **изобретательству и патентованию, как единому взаимодополняющему процессу**, понятным языком и на интересных примерах через:

1. Общеобразовательные школы, в которых обучение изобретательству будет основано на опыте великих изобретателей и примерах из повседневной жизни каждого человека.
2. ВУЗы, где обучение изобретательству и патентованию будет проходить с использованием конкретных примеров из научно-исследовательской деятельности студентов.
3. Промышленные предприятия, на которых переподготовка изобретателей будет осуществляться с учетом последних требований патентной экспертизы, а обучение начинающих изобретателей будет основано на экспресс методиках создания патентоспособных технических решений и сквозной технологии подготовки заявок. При отсутствии патентных служб на предприятиях возможно оперативное их создание.

Вкратце следует остановиться на особенностях перечисленных систем обучения.

Как показывает практика, школьники достаточно восприимчивы к основным положениям изобретательства. Да и опыт великих изобретателей говорит о том, что многие из них свои первые изобретения сделали в достаточно юном возрасте или использовали «детские» методы исследований [7,8,9]. Самое главное при проведении занятий со школьниками – вызвать интерес к изобретательству, показать его пользу, в том числе для каждого конкретного человека при решении ежедневных проблем наилучшим образом, а потом, на понятных и интересных примерах, постепенно раскрывать основы изобретательской деятельности [10-19]. Очень важны примеры достижения уникальных результатов, в том числе нашими современниками, за счет изобретательного подхода к широкому спектру задач, от организации путешествий до художественного творчества [20-25]. Программируя таким образом процесс мышления (формируя устойчивые синаптические связи в мозгу) можно формировать личность в нужном направлении. Изобретательство даже помогает уменьшить пагубное влияние компьютера, т.к. помимо удовольствия может приносить и реальную пользу при решении практических задач.

При проведении занятий в ВУЗах студентов тоже вначале надо заинтересовать вопросами изобретательства на основе примеров создания выдающихся изобретений [26-30]. Обучение студентов изобретательству и патентованию целесообразно привязывать к выполнению ими научных исследований на кафедре, и одновременно к защите курсовых работ и дипломных проектов. Помимо



приобретения изобретательских навыков патенты будут служить трамплином творческой карьеры. Одновременно, четко структурированный текст заявки на изобретение позволяет научиться быстро, понятно и в правильной последовательности описывать решения технических проблем, а также – излагать свои мысли по любому вопросу [31-35].

Занятия на производственных предприятиях наиболее эффективны при решении неотложных практических задач по созданию изобретений и их патентованию. Причем чем жестче временные ограничения, тем эффективнее работа. Чуть ли не основная проблема при подготовке заявки на изобретение связана с тем, что после локальных успехов по составлению формулы изобретения, важных фрагментов текста описания, возникает ошибочное чувство, что основная работа сделана, и можно немного отложить ее завершение. Иногда это откладывание затягивает подготовку заявки на годы. А когда план предприятия требует отчета к близкому сроку, например, для участия в тендере на разработку или для выполнения индикаторов по проекту, то времени откладывать работу нет, происходит предельная концентрация на решении проблемы и на трехдневных занятиях с изобретателями удается подготовить 3-4 зонтичные формулы изобретений. Дальнейшая работа может строиться следующим образом. Если осталось несколько дней до сдачи работы, то ведущий мастер-класса, по экспресс методикам подготовки заявок готовит их шаблоны, куда изобретатели вставляют конкретные данные, касающиеся реализации отличительных признаков. Марки комплектующих, материалы, из которых изготовлены важные детали, качество их обработки, режимы эксплуатации и т.п.. Если времени до сдачи работы остается несколько недель, то можно этим экспресс - методикам научить изобретателей, и они сами составят тексты заявок. Следует заметить, что возможно в короткие сроки не только оформлять готовые изобретения, но и их создавать. В этом случае целесообразно использовать экстремальные мозговые штурмы [36] и веерные технологии создания зонтичных решений. Основы этих технологий основаны на объединении процессов изобретательства и патентования. Обычно изобретение в голове его создателя формируется в виде одного – двух базовых отличительных признаков. После этого, используя мозговой штурм, первичную идею, часто удается развить в зонтичную формулу изобретения, содержащую 10-15 зависимых признаков. Далее по специальным шаблонам изобретателю целесообразно самому раскрывать зонтичную формулу изобретения и выявлять технические результаты каждого признака, при этом количество отличительных признаков может быть увеличено, минимум, в два раза. Практика использования этих технологий описана в [37,38]. Обычно, прошедшие такие практические занятия изобретатели, в дальнейшем самостоятельно могут готовить заявки на изобретения. Патентным работникам на предприятиях, также иногда необходимо повышать свою квалификацию. Они также могут присутствовать на этих технических занятиях. Знакомясь с изобретательскими методиками [39,40,41], патентоведы в дальнейшем будут говорить с изобретателями на одном языке и помогут новичкам создавать патентоспособные изобретения.

Однако в настоящее время далеко не на всех предприятиях, занимающихся разработками технологий и оборудования, существуют патентные службы. Если администрация предприятия примет решение о создании патентной службы, разумеется в каждом конкретном случае ее состав будет отличаться в зависимости от объема производства. В минимальной комплектации патентная служба может



включать секретаршу директора, которая должна отправлять заявки на изобретения, подготовленные, например, привлеченным специалистом, отслеживать решения Федерального института промышленной собственности и передать их тому же специалисту. Подготовить секретаршу к этой работе можно в течение одного дня. Мастер-классы по созданию более продвинутых патентных служб на предприятиях, по сути, могут быть продолжением описанного мастер-класса по решению неотложных задач [42]. На них должны быть раскрыты: примеры оптимизации патентных исследований, согласованных с этапами подготовки заявок; технологии создания тактических патентов, например, блокирующих [43,44], деблокирующих, рекламных, маскирующих [45], зонтичных [46,47], дезориентирующих, рекламных, адаптационных; технологии создания патентов на отдельные типы высокотехнологичного оборудования [48-59]; тактика и стратегия проведения экспертных совещаний [60-64]; принципы оптимизации компьютерных патентных технологий [65,66]; особенности подготовки графических материалов на высокотехнологичное оборудование [67]; варианты дополнительной классификации изобретений [68]. Если у предприятия нет средств для создания полноценной патентной службы, то можно поступить следующим образом. Обычно, при решении частных патентных проблем при проведении описанного мастер-класса из группы изобретателей можно выделить одного, который сможет, не меняя своего основного профиля, в последствии за дополнительное вознаграждение помогать изобретателям защищать свою интеллектуальную собственность.

Переподготовка преподавателей для обучения изобретательству и патентованию может осуществляться, например, на базе одного из ведущих ВУЗов страны (МФТИ, МГУ, МИФИ, МИЭТ, РГАИС) и продолжаться от одного месяца до одного года.

В качестве пособий по обучению практическому изобретательству и патентованию в дополнение к приведенной литературе можно использовать издания [69-71], а также монографии автора [72-78], которые составлены на основе лекций, семинаров и мастер-классах, проведенных им в учебных, научных и производственных аудиториях.

Дополнительные меры государственной поддержки должны включать: популяризацию изобретательства в средствах массовой информации; государственную поддержку периодических изданий по изобретательству («Изобретатель и рационализатор», «Изобретательство» и др.); издание массовыми тиражами литературы по практическому изобретательству и ее распространение; широкое использование IT-технологий (создание обучающих программ в области интеллектуальной собственности, разработка компьютерных игр по изобретательству, не уводящих надолго в виртуальный мир и т.п.).

Разумеется, патентные юристы нужны, знания юридических норм изобретателям необходимы, вопросы использования интеллектуальной собственности имеют важное значение, но без решения проблем изобретательства и патентования – эти вопросы практически теряют смысл. Таким образом, в государственной стратегии по защите интеллектуальной собственности наряду с подготовкой юристов и патентоведов, по меньшей мере, **равноправное место должна занимать подготовка изобретателей. При этом обучение технологиям патентования необходимо рассматривать в сочетании с обучением технологиям изобретательству, как двум взаимодополняющим процессам.**



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ КАК ПОЛИГОНА ОСВОЕНИЯ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Федотовских А.В.

*Комитет по науке и инновациям TOP «Северные промышленники
и предприниматели» РСПП, Калининград, chief@nrd.ru*

Арктика - один из последних наименее исследованных макрорегионов планеты. Низкие температуры, отсутствие человеческой деятельности, геофизические и геомагнитные особенности. Иногда говорят, что жизнь в Арктике это все равно, что на Луне или Марсе. Низкие температуры Арктики сравнимы с низкими температурами на Марсе, а на экваторе Марса в летние месяцы бывает до +20 °С, также как и в арктической тундре². Даже полярные шапки на Марсе сравнивают с земными в Арктике и Антарктике.

В последнее десятилетие все чаще ученые и активисты-общественники видят Арктику как полигон для отработки и тестирования технологий полета в дальний космос. В РФ есть свои разработки, но чтобы они стали реальностью необходимо решить ряд проблем, в т.ч. защититься от радиации и пыли. Это станет возможным за счет создания космических кораблей и стационарных модулей нового типа на основе наноматериалов. Необходима отработка ряда систем, и арктические условия подходят для этого как никакие иные естественные на Земле.

В мире существует ряд программ и проектов по освоению тел Солнечной системы, имитирующих инопланетные условия в Арктике. В РФ и ранее проводились эксперименты по имитации пилотируемого полета на Марс, однако, в более мягких условиях, чем арктические. Для этого необходимо создание Арктического центра изучения космоса, который может претендовать на роль ведущего мирового института моделирования условий космических перелетов. В частности центр мог бы консолидировать усилия в различных областях человеческой деятельности, связанной с

² Колонизация Марса — создание поселений людей на планете Марс // Материал из Википедии – свободной энциклопедии. – 10.08.2014. - электронная ссылка URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Колонизация_Марса



освоением космических тел, в том числе с точки зрения развития комплекса нанотехнологий:

1. Конструирование автономных инновационных систем поселения, пригодных к использованию в космосе с применением наноматериалов.

2. Постройка и тестирование жилых и инфраструктурных модулей для возведения их на других космических телах, включая испытания существующих и разработку новых наноматериалов и иных конструкций для защиты от радиации и пыли, присущей иным космическим телам (планетам и астероидам).

3. Использование нанороботов и искусственного интеллекта в долгосрочном космическом полете.

4. Тестирование технических средств передвижения, как автоматов, так и с экипажами, созданных с применением наноматериалов и пригодных для использования на иных планетах, а также радиотехнических, метеорологических, добывающих и прочих устройств в условиях сверхнизких температур, в т.ч. для уменьшения массогабаритных характеристик и повышения эффективности и КПД устройств, а также энергосбережения.

5. Выращивание нанобактерий, способных создать условия для развития биологической жизни и терраформирования космических тел, в первую очередь Марса.

6. Производство новых видов топлива путем синтеза материалов на основе нанобактерий, в частности производство на Марсе метана из льда, атмосферного CO_2 и, предположительно, пара.

7. Разработка замкнутой системы циркуляции и фильтрации воздуха с применением абсорбирующих наноматериалов и нанобактерий для восстановления качества воздуха внутри космического корабля или поселения.

Использование наноматериалов и наномеханизмов может сделать реальностью пилотируемые полеты на Марс и освоение поверхности Луны. Это означает, что согласно прогнозам уже через 30-50 лет труднодоступные природные ресурсы Луны, Марса, астероидов, а позже и экзопланет могут



стать достоянием всего человечества. Однако задел для такого технологического рывка необходимо создавать уже сегодня. Только тогда мы сможем воплотить в реальность мечты К.Э. Циолковского о полетах по всей Вселенной с Земли как колыбели человечества и Русская Арктика – самый подходящий полигон для подобного рода тестирований и исследований.

Федотовских Александр Валентинович, председатель, к.э.н., профессор РАН
E-mail: chief@nrd.ru



АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Алехина В.Д.	27	Миляев А.И.	20
Бабаев А.А.	29	<u>Миляев И.М.</u>	20
<u>Безносюк С.А.</u>	37	<u>Невский С.А.</u>	23
Благов Е.В.	6	Неудахин А.Г.	37
<u>Борисова Е.В.</u>	29	Олесюк О.В.	25
Бубнова Е.А.	41	Павлов А.А.	6
Будовских Е.А.	17, 25	Пальчикова А.Д.	8
Булатов Н.К.	8	Подгаецкий В.М.	6, 11
Врублевский Д.С.	39	Преображенский Р.Ю.	44
Гаврюшина М.Л.	44	Раткин Л.С.	66, 68, 70
Герасименко А.Ю.	6, 11	Романов Д.А.	17
Голубева А.О.	31	Рябина А.В.	27
Гордеев Ю.А.	61	Салимгареев Д.Д.	39
Гребнева А.А.	8	Салина В.А.	29
Громов В.Е.	17, 23, 25	Сарычев В.Д.	23
Епифанова Е.А.	29	Селищев С.В.	6
Жукова Л.В.	8, 39, 47	<u>Ситанов Д.В.</u>	34
Иванов Ю.Ф.	25	Соколов Д.Ю.	72
Ивасьшин Г.С.	52	<u>Соснин К.В.</u>	25
<u>Ичкитидзе Л.П.</u>	6, 11, 31, 41, 44	Стельмашок С.И.	20
<u>Калмыков П.А.</u>	14	Сутчук А.Л.	8
Кашуба И.А.	47	Торкунова Н.А.	47
Кицюк Е.П.	6	Торокин В.В.	27
Клюев М.В.	14	Федотовских А.В.	78
Кобзарева Т.Ю.	17	Шаман Ю.П.	6
Корнилов С.С.	41	<u>Шевченко В.Г.</u>	27
Корсаков А.С.	39, 47	Шичкин Н.Ю.	31
<u>Кузьмин А.В.</u>	50	Шмыгалев А.С.	39
Львов А.Е.	39	Юртов Е.В.	50
Львов А.С.	47	Юсупов В.С.	20
Магдалинова Н.А.	14		



ДЛЯ ЗАМЕТОК