

III Всероссийская молодёжная конференция  
с элементами научной школы

# Функциональные наноматериалы и высокочистые вещества

## СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ



29 мая - 1 июня 2012 г.

Москва

<http://func.imetran.ru/>

III Всероссийская молодёжная конференция  
с элементами научной школы

# Функциональные наноматериалы и высокочистые вещества

## СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ



**29 мая – 1 июня 2012 г.**

ИМЕТ РАН, РХТУ им. Д.И. Менделеева

Москва

УДК 66  
ББК 24.5  
Ф94

Ф94 III Всероссийская молодёжная конференция с элементами научной школы «Функциональные наноматериалы и высокочистые вещества». Москва. 28 мая – 1 июня 2012 г. / Сборник материалов. – М.: ИМЕТ РАН, РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012, 662 с.

ISBN 978-5-4253-0401-8

В сборнике материалов опубликованы доклады III Всероссийской молодёжной конференции с элементами научной школы «Функциональные наноматериалы и высокочистые вещества», содержащие результаты фундаментальных исследований в области наук о материалах, включающих разработку физико-химических основ создания металлических и композиционных наноматериалов, керамики, интерметаллидов. В конференции приняли участие молодые научные сотрудники и аспиранты академических институтов, государственных научных центров, а также студенты высших учебных заведений России. Сборник предназначен для научных работников, специалистов, аспирантов, работающих в области наук о материалах, а также может быть полезен студентам старших курсов высших учебных заведений.

Материалы опубликованы в авторской редакции.

Сборник материалов доступен на сайте <http://func.imetran.ru/>

Проведение конференции поддержано фондом РФФИ (грант 12-03-06809-моб\_г) и ОХНМ РАН.

#### **Организаторы конференции**

Российская академия наук,  
Отделение химии и наук о материалах,  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»

#### **Организационный комитет конференции**

Председатель – академик РАН Солнцев К.А. (ИМЕТ РАН, г. Москва)  
Зам. председателя – член-корр. РАН Бурханов Г.С. (ИМЕТ РАН, г. Москва)  
член-корр. РАН Юртов Е.В. (РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва)  
д.т.н. Колмаков А.Г. (ИМЕТ РАН, г. Москва)

#### **Члены оргкомитета**

Академик РАН Иевлев В.М. (ВГУ, г. Воронеж)  
Академик РАН Третьяков Ю.Д. (МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва)  
Академик РАН Саркисов П.Д. (РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва)  
Академик РАН Чурбанов М.Ф. (ИХВВ им. Г.Г. Девятых РАН, г. Нижний Новгород)  
Академик РАН Цветков Ю.В. (ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН, г. Москва)  
Академик РАН Цивадзе А.Ю. (ИФХЭ им. А.Н. Фрумкина РАН, г. Москва)  
Член-корр. РАН Альмов М.И. (ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН, г. Москва)  
Член-корр. РАН Баринов С.М. (ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН, г. Москва)  
Член-корр. РАН Севастьянов В.Г. (ИОНХ им. Н.С. Курнакова РАН, РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва)  
Член-корр. РАН Гуриянов А.Н. (ИХВВ им. Г.Г. Девятых РАН, г. Нижний Новгород)

ISBN 978-5-4253-0401-8



9 785425 304018 >

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| <i>Аменова А.А., Толеуова А.Р., Смагулов Д.У., Белов Н.А.</i><br>ПЛАЗМЕННО-ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ ОКСИДИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ<br>СТАЛИ И СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ.....                                       | 29 |
| <i>Андреева А.В., Давыдова Н.Н.</i><br>ПРОИЗВОДСТВО БЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ<br>НАНОМОДИФИКАТОРОВ.....  | 31 |
| <i>Андрюшина И.Н., Андрюшин К.П.</i><br>ФАЗОВАЯ ДИАГРАММА СИСТЕМЫ $PbZr_{1-x}Ti_xO_3$ .....  | 33 |
| <i>Аниеева Г.М., Смолин А.Ю.</i><br>ИЗУЧЕНИЕ НАНОИНДЕНТИРОВАНИЯ УПРОЧНЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ<br>МЕТОДОМ ПОДВИЖНЫХ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ .....  | 35 |
| <i>Арзуманян А.В., Фирстова В.В., Герасимов В.Н., Терентьев А.О.,<br/>Фастов С.А.</i><br>АНАЛИЗ ИММУНОБИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ<br>НАНОТРУБОК.....                               | 37 |
| <i>Астахов А.А., Сташ А.И., Цирельсон В.Г.</i><br>ТЕОРЕТИКО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ И КВАНТОВО-ТОПОЛОГИЧЕСКИЙ<br>АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОННОГО СТРОЕНИЯ ОКСИДА КОБАЛЬТА (II) .....                              | 39 |
| <i>Атаманюк И.Н, Виткина Д.Е., Школьников Е.И.</i><br>ИЗУЧЕНИЕ МИКРОПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ УГЛЕРОДНЫХ<br>МАТЕРИАЛОВ И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ В СУПЕРКОНДЕНСАТОРАХ.....                                    | 41 |
| <i>Афанасьев А.В., Лебедев-Степанов П.В.</i><br>КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ САМОСБОРКИ ФОТОННЫХ<br>КРИСТАЛЛОВ В МИКРОКАПЛЕ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА МЕТОДОМ<br>ДИССИПАТИВНОЙ ДИНАМИКИ ЧАСТИЦ..... | 43 |
| <i>Ашиккалиева К.Х.</i><br>СПОНТАННОЕ ВОЗНИКНОВЕНИЕ УПОРЯДОЧЕННЫХ СТРУКТУР НА<br>ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ЛАЗЕРНОМ<br>ВОЗДЕЙСТВИИ.....   | 45 |
| <i>Баль М.Б., Шацкая Т.Е., Натрусов В.И.</i><br>НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЙ СОСТАВ ДЛЯ РЕМОНТА ПОДВОДНЫХ<br>ПЕРЕХОДОВ ГАЗО-НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДОВ.....   | 47 |
| <i>Барковская О.А., Кудашев С.В.</i><br>РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ<br>ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИФТОРИРОВАННЫХ СПИРТОВ.....  | 49 |
| <i>Беликов М.Л., Седнева Т.А., Локиин Э.П.</i><br>АДСОРБЦИЯ И ДЕГРАДАЦИЯ ФЕРРОИНА ФОТОКАТАЛИЗАТОРАМИ НА<br>ОСНОВЕ $TiO_2$ .....  | 51 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Додонова Е.В., Рыбалка С.Б.</i><br>ФОРМИРОВАНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ МИКРОСТРУКТУРЫ В<br>ХОДЕ ИНДУЦИРОВАННЫХ ВОДОРОДОМ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В<br>МАГНИТОТВЕРДОМ СПЛАВЕ Nd <sub>2</sub> Fe <sub>14</sub> B .....  | 209 |
| <i>Долматов В.С.</i><br>СИНТЕЗ НАНОПОКРЫТИЙ КАРБИДОВ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ НА<br>УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКНАХ И НАНОИГЛ КРЕМНИЯ В СОЛЕВЫХ<br>РАСПЛАВАХ .....  | 211 |
| <i>Донцова О.С., Ситников А.И., Солнцев К.А.</i><br>ТВЕРДЫЙ ЭЛЕКТРОЛИТ НА ОСНОВЕ ZrO <sub>2</sub> .....   | 213 |
| <i>Дробаха Г.С., Дробаха Е.А., Солнцев К.А., Куцев С.В.</i><br>СУСПЕНЗИОННОЕ ПОЛУЧЕНИЕ НАНОСТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ<br>(Pd,Rh)-(Y,La) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Zr <sub>x</sub> Ce <sub>(1-x)</sub> O <sub>2</sub> -Г-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ<br>НОСИТЕЛЯХ. ВЛИЯНИЕ СОСТАВА И РЕЖИМА ТЕРМООБРАБОТКИ НА<br>МИКРОСТРУКТУРУ И КАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ..... | 215 |
| <i>Дубровский А.Р.</i><br>НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ НА<br>ОСНОВЕ Mo <sub>2</sub> C НА НОСИТЕЛЯХ С ГЛАДКОЙ И ВЫСОКОРАЗВИТОЙ<br>ПОВЕРХНОСТЬЮ.....   | 217 |
| <i>Дулина И.А., Рагуля А.В., Ключков Л.А., Лобунец Т.Ф.</i><br>СИНТЕЗ НАНОКОМПОЗИТА Ni/NiO.....   | 219 |
| <i>Дурнев Е.А., Синцов К.Н.</i><br>ИЗУЧЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МИКРОМИЦЕТОВ<br>МЕТОДОМ СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ.....  | 221 |
| <i>Дяденчук А.Ф.</i><br>ПОЛУЧЕНИЕ ПОРИСТОГО ZnSe МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО<br>ТРАВЛЕНИЯ.....   | 223 |
| <i>Евстратов Е.В., Алымов М.И.</i><br>ОСОБЕННОСТИ КОНСОЛИДАЦИИ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ.....   | 225 |
| <i>Елемесов Т.Б.</i><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ НИКЕЛЯ В РАСТВОРЕ СЕРНОЙ<br>КИСЛОТЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСНОГО ТОКА .....   | 226 |
| <i>Емельянова Е.Ю., Мамаев А.И.</i><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАДИЕНТНОГО СЛОЯ НАНОСТРУКТУРНОГО<br>НЕМЕТАЛЛИЧЕСКОГО НЕОРГАНИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ НА<br>АЛЮМИНИИ, СФОРМИРОВАННОГО ИМПУЛЬСНЫМ МЕТОДОМ<br>МИКРОПЛАЗМЕННОГО ОКСИДИРОВАНИЯ .....  | 228 |
| <i>Еремеев И.С., Озкан С.Ж., Карпачева Г.П.</i><br>ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ<br>Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ПОЛИДИФЕНИЛАМИН-2-КАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ.....   | 230 |
| <i>Еремеева Г.О., Суровой Э.П.</i><br>ФОРМИРОВАНИЕ ОКСИДА ИНДИЯ (III) НА ПОВЕРХНОСТИ<br>НАНОРАЗМЕРНЫХ ПЛЕНОК ИНДИЯ.....   | 232 |

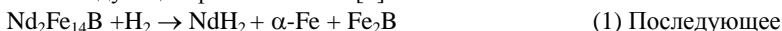
# ФОРМИРОВАНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ МИКРОСТРУКТУРЫ В ХОДЕ ИНДУЦИРОВАННЫХ ВОДОРОДОМ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В МАГНИТОТВЕРДОМ СПЛАВЕ Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B

Додонова Е.В., Рыбалка С.Б.

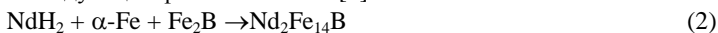
Донецкий национальный технический университет,  
ул. Артема, 58, Донецк, 283000  
sbrybalka@yandex.ru

*Ключевые слова:* микроструктура; магнитотвердые сплавы; кинетика

В настоящее время, постоянные магниты сплавов типа Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B имеют высокие магнитные свойства. Ранее был предложен новый метод для улучшения магнитных свойств так называемый HDDR-процесс (Hydrogenation-Decomposition-Desorption-Recombination), основанный на индуцированных водородом фазовых и структурных превращениях в сплавах типа Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B, который является уникальным методом для получения нанокристаллических порошков из Nd-Fe-B сплавов для постоянных магнитов с улучшенными магнитными свойствами [1]. Индуцированное водородом прямое фазовое превращения происходит в атмосфере водорода (~ 0.1 МПа) при 600-900°C, как результат взаимодействия сплава с водородом, исходный сплав Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B распадается на следующие фазы по схеме [1]:



Последующее удаление водорода из распавшегося сплава приводит к обратному фазовому превращению с рекомбинацией распавшихся фаз в исходную Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B фазу, но уже с субмикронными размерами зерна, в соответствии со следующей фазовой схемой [1]:



Однако, как правило, во многих случаях, HDDR-процесс базируется на

эмпирических подходах, где обработка в водороде и вакууме происходит при различных значениях температуры и времени обработки, что приводит к процессам аномального роста зерен основной магнитомягкой Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B и снижению коэрцитивности. Все эксперименты были проведены на оригинальном Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B сплаве в соответствии с кинетическими данными, полученными ранее [2].

На рис. 1а показано изображение микроструктуры исходного Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B сплава во вторичных электронах до проведения фазовых превращений. Как видно из рис. 1а, микроструктура исходного Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B сплава обладает типичной дендритной структурой с несущественной магнитной изоляцией основной магнитомягкой Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B Ф-фазы (серые области на рис. 1а) обогащенной Nd межкристаллитной фазой (белые на рис. 1а). Вышеописанная дендритная микроструктура характерна для литых сплавов. Рис. 1б показывает изображе-

ние микроструктуры, полученное после прямого фазового превращения в сплаве  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ , проведенного в атмосфере водорода 0,1 МПа при 730°C в течение 115 минут в соответствии с кинетическими данными [2]. В этом случае распавшийся сплав состоит из следующих основных фаз:  $\alpha$ -фазы железа (темные области на рис. 1b) и  $\text{NdH}_2$  фазы (белые области на рис. 1b). Сравнение между микроструктурами распавшегося (рис. 1b) и исходного (рис. 1a) сплавов показывает, что микроструктура распавшегося сплава также имеет дендритный тип структуры.

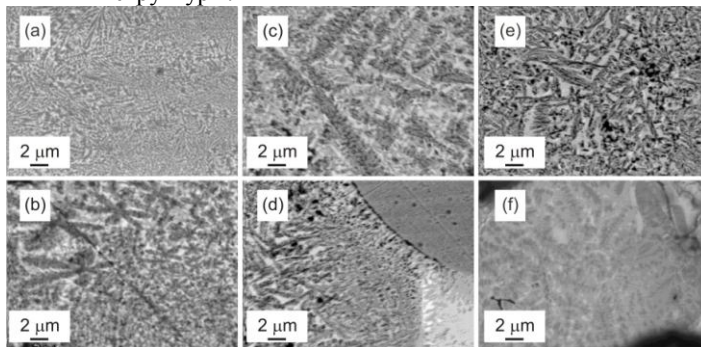


Рис. 1. (a) Изображение во вторичных электронах исходного сплава  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ . (b) Изображение  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  сплава после прямого фазового превращения (115 минут). (c) Изображение  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  сплава после 20% обратного фазового превращения (4.25 минуты). (d) Изображение  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  сплава после 50% обратного фазового превращения (10.0 минут). (e) Изображение  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  сплава после 80% обратного фазового превращения (23.5 минут). (f) Изображение  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  сплава после 100% обратного фазового превращения (95.0 минут)

Далее, на рис. 1f показано изображение  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  сплава после завершения обратного индуцированного водородом фазового превращения (при 730°C, вакууме ~1 Па, 95 минут, которое обеспечивало полное завершение обратного превращения по данным [2]). Итак, проведение фазовых превращений в сплаве  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  в соответствии с кинетическими данными, предотвращает процессы аномального роста зерен основной магнитомягкой фазы  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  и приводит к формированию изотропной нанокристаллической микроструктуры.

#### Литература

1. T. Takeshita, K. Morimoto. *J. Appl. Phys.* 79, 5040 (1996).
2. S.B. Rybalka, V.A.Goltsov, V.A. Didus, D. Fruchart. *J. Alloys Comp.* 356-357, 390 (2003).