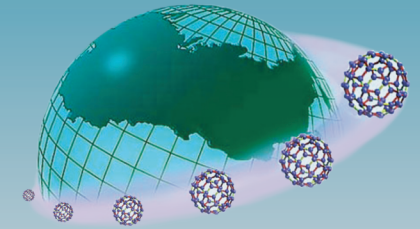


Н А Н О – 2 0 1 4

Н А Н О – 2 0 1 4



# НАНОСТРУКТУРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ – 2014: Беларусь – Россия – Украина

НАНОСТРУКТУРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ – 2014: Беларусь – Россия – Украина



Материалы  
IV Международной  
научной  
конференции

Минск,  
7–10 октября  
2014 г.





НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ  
Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению

---

# НАНОСТРУКТУРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ – 2014: Беларусь – Россия – Украина

**Н А Н О – 2 0 1 4**

Материалы  
IV Международной  
научной  
конференции

Минск,  
7–10 октября  
2014 г.

Минск  
«Беларуская навука»  
2014

УДК 539.975(082)

ББК 22.37я43

Н25

Редакционная коллегия:

акад. П. А. Витязь (председатель), акад. В. Е. Агабеков,  
д-р физ.-мат. наук С. Е. Демьянов, акад. С. А. Жданок, д-р техн. наук В. И. Жорник,  
чл.-корр. А. Ф. Ильющенко, акад. Н. С. Казак, акад. В. А. Лабунов,  
д-р физ.-мат. наук А. П. Сайко, канд. физ.-мат. наук В. С. Урбанович,  
д-р физ.-мат. наук В. М. Федосюк, чл.-корр. С. А. Чижик,  
канд. физ.-мат. наук Э. М. Шпилевский

Рецензенты:

академик С. А. Астапчик,  
академик А. П. Достанко

**Наноструктурные материалы – 2014: Беларусь – Россия – Украина**  
Н25 (НАНО-2014) : материалы IV Междунар. науч. конф. (Минск, 7–10 окт.  
2014 г.) / редкол.: П. А. Витязь [и др.]. – Минск : Беларуская навука,  
2014. – 431 с.

ISBN 978-985-08-1762-4.

В сборнике приводятся основные результаты теоретических и экспериментальных исследований в области физико-химии, методов получения и свойств наноструктурных металлов, сплавов, керамики, композиционных, магнитных, углеродных наноматериалов, технологий их изготовления и методов аттестации, наноэлектроники, наноструктурированных коллоидных систем и др.

Сборник рассчитан на специалистов в области наноструктурного материаловедения. Издание может быть полезно аспирантам и студентам по специальности наноматериалы и нанотехнологии.

УДК 539.975(082)

ББК 22.37я43

ISBN 978-985-08-1762-4

© ГО «НПЦ НАН Беларуси  
по материаловедению», 2014  
© Оформление. РУП «Издательский дом  
«Беларуская навука», 2014

## Организаторы конференции

Национальная академия наук Беларуси

Российская академия наук

Национальная академия наук Украины

Министерство образования Республики Беларусь

Министерство образования и науки  
Российской Федерации

Постоянный Комитет Союзного государства

Белорусский республиканский фонд  
фундаментальных исследований

Российский фонд фундаментальных  
исследований

Государственный фонд фундаментальных  
исследований Украины

Государственный комитет по науке и технологиям  
Республики Беларусь

Научно-практический центр НАН Беларуси  
по материаловедению

Институт металлургии и материаловедения  
им. А. А. Байкова РАН

Российский научный центр «Курчатовский  
институт»



PNalytical



## МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОРГКОМИТЕТ

### *Сопредседатели:*

Витязь П. А.	Президиум НАН Беларуси, Минск
Алферов Ж. И.	Президиум РАН, Москва, Санкт-Петербург
Наумовец А. Г.	Президиум НАН Украины, Киев

### *Члены оргкомитета:*

Агабеков В. Е.	ИХНМ НАН Беларуси, Минск
Алдошин С. М.	ИПХФ РАН, Черногоровка
Алымов М. И.	ИСМАН РАН, Черногоровка
Беспалов С. А.	Президиум НАН Украины, Киев
Бланк В. Д.	ТИСНУМ, Троицк
Борисенко В. Е.	БГУИР, Минск
Белоус А. И.	ОАО «Интеграл», Минск
Валиев Р. З.	УГАТУ, Уфа
Варюхин В. Н.	ДонФТИ, Донецк
Воеводин В. Н.	ННЦ ХФТИ НАН Украины, Харьков
Волков С. В.	ИОНХ НАН Украины, Киев
Гапоненко С. В.	ИФ НАН Беларуси, Минск
Доброго К. В.	БНТУ, Минск
Двуреченский А. В.	ИФП СО РАН, Новосибирск
Дубина М. В.	СПБАУ, Санкт-Петербург
Жданок С. А.	НПП «Перспективные исследования и технологии», Минск
Жорник В. И.	ОИМ НАН Беларуси, Минск
Жуков А. Е.	СПБАУ, Санкт-Петербург
Иевлев В. М.	ВГУ, Воронеж
Ильющенко А. Ф.	ИПМ НАН Беларуси, Минск
Картель Н. Т.	ИХП НАН Украины, Киев
Кучук-Яценко С. И.	ИЭС НАН Украины, Киев
Килин С. Я.	Президиум НАН Беларуси, Минск

Кубрин А. А.	ПК СГ, Москва
Конов В. И.	РФФИ, Москва
Кульчин Ю. Н.	ИАПУ ДВО РАН, Владивосток
Ляхов Н. З.	ИХТТМ СО РАН, Новосибирск
Лабунов В. А.	БГУИР, Минск
Мачулин В. Ф.	Президиум НАН Украины, Киев
Олехнович Н. М.	НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, Минск
Орлович В. А.	БРФФИ, Минск
Пенязьков О. Г.	ИТМО НАН Беларуси, Минск
Плескачевский Ю. М.	Гомельский филиал НАН Беларуси, Гомель
Походенко В. Д.	Президиум НАН Украины, Киев
Рудской А. И.	СПбГУ, Санкт-Петербург
Сибельдин Н. Н.	ФИ им. П. Н. Лебедева, Москва
Скороход В. В.	ИПМ НАНУ, Киев
Скрябин К. Г.	Центр «Биоинженерия» РАН, Москва
Солнцев К. А.	ИМЕТ РАН, Москва
Солонинко А. А.	Госкомвоенпром, Минск
Уваров В. Н.	ИМФ НАН Украины, Киев
Урбанович В. С.	НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, Минск
Устинов В. В.	ИМФ УрО РАН, Екатеринбург
Устинов В. М.	ФТИ РАН, Санкт-Петербург
Федосюк В. М.	НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, Минск
Федотов А. К.	БГУ, Минск
Чехун В. Ф.	ИЭПОР НАН Украины, Киев
Чижик С. А.	Президиум НАН Беларуси, Минск
Шевченко В. Я.	ИХС РАН, Санкт-Петербург
Шпилевский Э. М.	ИТМО НАН Беларуси, Минск
Шумилин А. Г.	Госкомитет по науке и технологиям Республики Беларусь

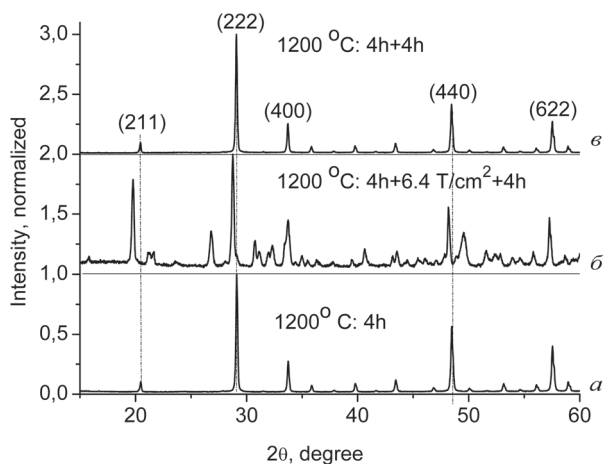
## МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Лабунов В. А. – предс.	БГУИР, Минск
Андриевский Р. А.	ИПХФ РАН, Черноголовка
Анищик В. М.	БГУ, Минск
Анциферов В. Н.	НЦ ПМ ГОУВПО ПГТУ, Пермь
Астапчик С. А.	ФТИ НАН Беларуси, Минск
Бильдюкевич А. В.	ИФОХ НАН Беларуси, Минск
Бузник В. М.	ИМЕТ РАН, Москва
Глезер А. М.	ИМФМ ГНЦ ЦНИИЧермет, Москва
Гордиенко А. И.	ФТИ НАН Беларуси, Минск
Гудилин Е. А.	МГУ, Москва
Демьянов С. Е.	НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, Минск
Добаткин С. В.	ИМЕТ РАН, Москва
Ивашкевич О. А.	БГУ, Минск
Каблов Е. Н.	ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ, Москва
Казак Н. С.	ИФ НАН Беларуси, Минск
Карпов М. И.	ИФТТ РАН, Черноголовка
Колобов Ю. Р.	Центр НСМН БелГУ, Белгород
Константинова Т. Е.	ДонФТИ, Донецк
Крутько Н. П.	ИОНХ НАН Беларуси, Минск
Левашов Е. А.	НИТУ «МИСиС», Москва
Мильман Ю. В.	ИПМ НАН Украины, Киев
Мышкин Н. К.	ИММС НАН Беларуси, Минск
Новиков Н. В.	ИСМ НАН Украины, Киев
Петрунин В. Ф.	МИФИ, Москва
Пилипенко В. А.	ОАО «Интеграл», Минск
Пантелеенко Ф. И.	БНТУ, Минск
Поклонский Н. А.	БГУ, Минск
Панин В. Е.	ИФПМ СО РАН, Томск
Псахье С. Г.	ИФПМ СО РАН, Томск
Рагуля А. В.	ИПМ НАН Украины, Киев
Судник Л. В.	НИИ ИП с ОП, НАН Беларуси, Минск
Сайко А. П.	НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, Минск
Фирстов С. А.	ИПМ НАН Украины, Киев

## ЛОКАЛЬНЫЙ ОРГКОМИТЕТ

Федосюк В. М.	председатель, НПЦ НАН Беларуси по материаловедению
Урбанович В. С.	ученый секретарь конференции, НПЦ НАН Беларуси по материаловедению
Агабеков В. Е.	ИХНМ НАН Беларуси
Жорник В. И.	ОИМ НАН Беларуси
Жуковец Д. А.	НПЦ НАН Беларуси по материаловедению
Игнатенко О. В.	НПЦ НАН Беларуси по материаловедению
Ильющенко А. Ф.	ИПМ НАН Беларуси
Казак Н. С.	Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси
Казак И. Е.	НПЦ НАН Беларуси по материаловедению
Лабунов В. А.	Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Пенязьков О. Г.	Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси
Пермякова Т. А.	НПЦ НАН Беларуси по материаловедению
Сайко А. П.	НПЦ НАН Беларуси по материаловедению
Федотов А. К.	Белорусский государственный университет
Филатов С. А.	Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова
Хейфец М. Л.	Президиум НАН Беларуси
Чижик С. А.	Президиум НАН Беларуси
Шлома Е. Н.	НПЦ НАН Беларуси по материаловедению





Дифракционные спектры  $Y_2O_3$ : *a* – после отжига при 1200 °С в течение 4-х ч.; *b* – после предварительного отжига при 1200 °С в течение 4 ч, прессования при нагрузке  $6,4 \times 10^3$  кг/см<sup>2</sup> и дополнительного отжига при 1200 °С в течение 4 ч; *c* – образец после предварительного отжига при 1200 °С в течение 4 ч дополнительно отожжен при 1200 °С в течение 4 ч

таблеток приводят к образованию в них новых фазовых состояний, см. в качестве примера рентгеновские спектры  $Y_2O_3$  на рисунке. Если предварительный отжиг порошков приводит к заметному росту кристаллитов, образования новых фазовых состояний после прессования и последующего отжига образцов не происходит. Более того, последующий длительный отжиг прессованных образцов после возникновения в них новых фаз, также сопровождающийся ростом кристаллитов, приводит к исчезновению образовавшегося нового фазового состояния. Полученный результат явно указывает на заметное влияние энергии межкристаллитных границ на фазовые состояния нанокристаллических систем простых оксидов редкоземельных элементов.

### ПЕРКОЛЯЦИОННЫЕ ТОКИ В ГЕТЕРОФАЗНЫХ НАНОКОМПОЗИТАХ «СТЕКЛО-КЛАСТЕРЫ Cu»

Ш. Д. Курмашев, И. М. Викулин, А. Н. Софронков, А. В. Веремьева

*Одесская национальная академия связи им. А. С. Попова, Одесса, Украина,  
e-mail: kurmash12@gmail.com*

Развитие электроники требует значительного расширения номенклатуры материалов, которые можно отнести к классу микро- и наноструктурированных композиций. Широкое распространение в производстве микроэлектронных устройств (при изготовлении ГИС, СБИС и различных типов микросборок) получила толсто пленочная технология формирования пассивной части микросборок. Пассивные элементы толсто пленочной технологии (проводни-

ки, резисторы и диэлектрики) изготавливаются с применением соответствующих паст, представляющих собой композиции, состоящие из функционального наполнителя, стеклопорошка и органического связующего. До недавнего времени основу проводниковых и резистивных композиций составляли драгоценные металлы и их соединения (Au, Ag, Pd, Pt и др.), являющиеся дорогостоящими и дефицитными. В настоящее время большое внимание привлекают композиционные материалы на основе систем «стекло – кластеры Cu», которые используются в качестве проводниковых толсто пленочных элементов гибридных интегральных схем и солнечных батарей. В работе исследовано влияние свойств и размеров зерен исходной стеклофритты, геометрических размеров зерен и конгломератов проводящей фазы (Cu), режимов термической обработки исходных составов на физические механизмы переноса носителей заряда, величину электропроводности толстых резистивных и проводящих пленок. Показано, что при одном и том же содержании частиц проводящей фазы в исходной композиции критический порог, при котором начинается протекание перколяционных токов в пленках тем ниже, чем больше размеры блоков стеклянной фазы в исходных составах. Из возможных моделей проводимости двухфазных систем (последовательная, матричная и др.) наиболее реализуемой является статистическая, которая предусматривает перколяционное поведение гетерогенной системы.

Ниже порога перколяции проводимость композита определяется туннельными переходами электронов между отдельными гранулами Cu и подобна прыжковой проводимости легированных некомпенсированных полупроводников.

## **ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОЕВ КОМПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «СТЕКЛО-НАНОКЛАСТЕРЫ RuO<sub>2</sub>»**

Ш. Д. Курмашев, И. М. Викулин, А. Н. Софронков, А. В. Веремьева

*Одесская национальная академия связи им. А. С. Попова, Одесса, Украина,  
e-mail: kurmash12@gmail.com*

Развитие субмикронных и нанотехнологий в электронике охватывает не только активные элементы (лазеры, фотоприемники и др.), но и те, которые принято называть пассивными. К ним относятся, например, резисторы интегральных схем. Как известно, хорошими электрофизическими качествами отличаются резистивные составы на основе диоксида рутения (RuO<sub>2</sub>). Данные об особенностях токопереноса в отдельных компонентах композитных слоев, а также о вкладе микро- и наноразмерных включений в механизмы проводимости пленок достаточно противоречивы. В работе изучалась зависимость электрофизических свойств композиционных структур на основе «стекло – RuO<sub>2</sub>» от соотношения концентраций проводящей фазы RuO<sub>2</sub> – стекло, раз-

лин. Роль эффектов коллективного взаимодействия в нанокластерах коллоидных квантовых точек .....	143
Г. Е. Малашкевич, Е. Н. Подденежный, А. А. Бойко, К. Н. Нищев, Т. Г. Хотченкова, П. П. Першукевич, И. В. Прусова, И. И. Сергеев, А. А. Суходола. Структура и спектрально-люминесцентные свойства нанокерамики $Y_3Al_5O_{12}: Ce^{3+}-Cr^{3+}$ .....	44
В. С. Гурин, Г. Е. Рачковская, Г. Б. Захаревич, С. Е. Кичанов, А. Х. Исламов. Силикатные стекла с наночастицами халькогенидов свинца для нелинейно-оптических материалов: структурные исследования методом малоуглового рассеяния нейтронов (МУРН).....	145
Г. Ю. Шахгильдян, В. И. Савинков, В. Н. Сигаев, Г. Е. Малашкевич, В. В. Ковгар, А. А. Суходола, А. П. Ступак, В. А. Орлович, В. И. Дашкевич. Синтез, структура и спектроскопия LN-содержащих фосфатных стекол с наночастицами золота.....	146
T. V. Antropova, I. N. Anfimova, M. A. Girsov. Application of porous glasses for microoptical devices .....	147
В. В. Шевченко, С. П. Богданович, В. Н. Коваль, С. С. Песецкий. Получение, структура и свойства композитов полиэтилентерефталат/нанодисперсный наполнитель .....	148
П. А. Витязь, Т. М. Ульянова, Н. П. Крутько, Л. В. Титова, А. Ф. Ильюшенко, А. А. Шевченко. Синтез, структура и свойства композиционной керамики из корундовых микропорошков с наноструктурными модификаторами .....	149
А. Н. Мурашкевич, И. М. Жарский, О. В. Федорова, О. А. Алисиенок, К. А. Скуратова, В. В. Грибович, А. С. Мазько, Е. Коробко. Наноструктурные композиционные материалы на основе оксидов титана, кремния, алюминия .....	150
В. И. Жорник, А. В. Ивахник, В. П. Ивахник. Пластичные смазочные материалы, модифицированные наноразмерными добавками .....	151
Ю. М. Кривогуз, О. А. Макаренко, С. С. Песецкий. Функционализация полиолефинов в присутствии нанотрубок .....	153
Н. И. Стеблевская, М. А. Медков, Д. Н. Грищенко. Биоактивные наноматериалы на основе фосфатов .....	154

#### СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

Е. Е. Петюшик, Д. И. Клевченя, В. Е. Романенков, Т. Е. Евтухова, Т. И. Пинчук. Бимодальная наноструктурная керамика на основе $AlOON$ .....	155
Е. Е. Петюшик, С. Ф. Тихов, Д. И. Клевченя, В. Е. Романенков, Т. Е. Евтухова <sup>3</sup> , Т. И. Пинчук. Технология наноструктурной керамики на основе порошка $Cu-Al$ .....	156
Е. Н. Родловская, В. А. Васнев, Б. А. Измайлов. Наноструктурные органо-неорганические гибридные материалы на основе бистиофенов для электролюминесцентных устройств .....	157
А. Б. Товстног, Е. Е. Сыч, Т. В. Тамила, В. Г. Колесниченко, В. В. Скороход. ИК-спектры наноструктурного биогенного гидроксипатитапосле микроволнового и традиционного спекания .....	157
Г. Е. Рачковская, П. А. Лойко, Н. А. Скопцов, Г. Б. Захаревич, Г. М. Арзуманян, В. В. Вартик, А. И. Куклин, Д. В. Соловьев. АП-конверсионная люминесценция и структурные особенности оксифторидной eg-содержащей наностеклокерамики .....	158
С. В. Якубовская, Л. В. Кульбицкая, А. А. Корбит, С. Е. Кравченко. Нанодисперсные композиционные материалы $Ni-Cu-P$ .....	159
А. Н. Еремин, А. В. Абакшонок, В. Е. Агабеков. Церийсодержащие наночастицы и нанокompозиты .....	160
Г. Р. Ганеева, И. М. Шмытько. Влияние межкристаллитных границ на образование новых структурных состояний в простых оксидах РЗМ .....	161
Ш. Д. Курмашев, И. М. Викулин, А. Н. Софронков, А. В. Веремьева. Перколяционные токи в гетерофазных нанокompозитах «стекло-кластеры $Cu$ » .....	162
Ш. Д. Курмашев, И. М. Викулин, А. Н. Софронков, А. В. Веремьева. Электрофизические свойства слоев композиционной системы «стекло-нанокластеры $RuO_2$ » .....	163

Научное издание

**НАНОСТРУКТУРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ – 2014:  
Беларусь – Россия – Украина  
(Н А Н О – 2 0 1 4)**

*Материалы IV Международной научной конференции  
(Минск, 7–10 октября, 2014 г.)*

Редакторы *Т. С. Климович, И. С. Александрович*

Художественный редактор *Т. Д. Царева*

Технический редактор *О. А. Толстая*

Компьютерная верстка *Л. И. Кудерко*

Подписано в печать 22.09.2014. Формат 70×100<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 35,1. Уч.-изд. л. 29,2. Тираж 400 экз. Заказ 165.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом «Беларуская навука».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/18 от 02.08.2013. Ул. Ф. Скорины, 40, 220141, г. Минск.