

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова

Факультет наук о материалах МГУ

Химический факультет МГУ

при финансовой поддержке

РОССИЙСКОГО ФОНДА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ОАО «РОСНАНО»

XI Конференция молодых ученых

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ:

наноматериалы, их исследование и

модификация при помощи

синхротронного излучения

Программа лекций и тезисы докладов



ЗВЕНИГОРОД
11 - 13 ноября 2011 г

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ

I. Синтез и исследование неорганических и гибридных наноматериалов при помощи синхротронного излучения (СИ):

- наноматериалы
- функциональные материалы
- бионеорганические материалы

II. Физико-химические методы исследования неорганических соединений с использованием СИ:

- электронная спектроскопия, в том числе с применением синхротронного излучения
- рентгеновское поглощение (EXAFS, NEXAFS)
- рамановская спектроскопия
- магнитные методы
- рентгенография

III. Проблемы современной неорганической химии:

- нестехиометрия и реакционная способность
- механизмы неорганических реакций

ОРГКОМИТЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ:

Яшина Лада Валерьевна д.х.н., с.н.с. Химический факультет МГУ

СОПРЕДСЕДАТЕЛЬ:

Третьяков Юрий Дмитриевич акад. РАН, д.х.н. Факультет наук о материалах МГУ

СЕКРЕТАРЬ:

Напольский Кирилл Сергеевич к.х.н., н.с. Химический факультет МГУ

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА:

Шевельков Андрей Владимирович д.х.н., проф. Химический факультет МГУ,
Бердонос Петр Сергеевич к.х.н., ст. преп. Химический факультет МГУ, Гудилин
Евгений Алексеевич член-корр. РАН, д.х.н. Факультет наук о материалах МГУ,
Дьяченко Олег Георгиевич к.х.н., директор Центра трансфера технологий МГУ,
Лукашин Алексей Викторович д.х.н., проф. Факультет наук о материалах МГУ,
Волыхов Андрей Александрович м.н.с. Химический факультет МГУ, Калитка
Владислав Сергеевич м.н.с. Химический факультет МГУ.



РОСНАНО

**ФОНД ИНФРАСТРУКТУРНЫХ
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ**

Открытое акционерное общество «РОСНАНО» и Фонд инфраструктурных и образовательных программ созданы в марте 2011 г. путем реорганизации государственной корпорации «Российская корпорация нанотехнологий». ОАО «РОСНАНО» реализует государственную политику по развитию nanoиндустрии, выступая соинвестором в нанотехнологических проектах со значительным экономическим или социальным потенциалом. 100% акций ОАО «РОСНАНО» находится в собственности государства. Председателем правления ОАО «РОСНАНО» является **Анатолий Чубайс**.

Задачи по созданию нанотехнологической инфраструктуры и реализации образовательных программ, а также стимулирования спроса на нанотехнологическую продукцию выполняются Фондом инфраструктурных и образовательных программ. Генеральным директором Фонда является **Андрей Свиноренко**.

С 2010 до 2015 год Фонд инфраструктурных и образовательных программ планирует вложить до 19,6 млрд. рублей в создание nanoцентров. К ноябрю 2011 года подписаны инвестиционные соглашения о создании 8 nanoцентров. Основу образовательной деятельности Фонда составляют программы повышения квалификации и профессиональной переподготовки кадров, в первую очередь — сотрудников проектных компаний ОАО «РОСНАНО». Число образовательных программ к ноябрю 2011 года достигло 58, по ним обучались более 1100 человек.

Программа конференции

11 ноября пятница

11:00 — 14:00	Заезд в пансионат «Университетский»
14:00 — 14:45	Обед
15:00	Открытие конференции
15:00 — 16:00	К.х.н. Зубавичус Я.В. "Структурная диагностика функциональных материалов на Курчатовском источнике СИ" (РНЦ «Курчатовский институт»)
16:00 — 17:00	Проф., д.х.н. Словоохотов Ю.Л. «Рентгеновские дифракционные методы с использованием синхротронного излучения» (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова)
17:00 — 17:30	Перерыв (кофе пауза)
17:30 — 18:30	к.х.н. Иткис Д.М. «Наноматериалы для источников тока» (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова)
19:00 — 20:00	Ужин

12 ноября суббота

9:00 — 10:00	Завтрак
10:00 — 11:00	Д.х.н. Иванов В.К. "Нанокристаллический диоксид церия: синтез, структура и возможные применения" (ИОНХ РАН)
11:00 — 12:00	К.ф.-м.н. Образцова Е.Д. "Новые формы наноуглерода и их оптические свойства" (ИОФ РАН)
12:00 — 12:15	Перерыв (кофе пауза)
12:15 — 13:15	Д.х.н. Яшина Л.В., Усачев Д. «Синтез, модификация и фотоэмиссионные исследования эпитаксиального графена и топологических изоляторов»
13:30 — 14:30	Обед
14:30 — 15:30	Свободное время
15:30 — 16:15	К.х.н. Елисеев А.А. «Применение малоуглового рассеяния рентгеновского излучения для исследования материалов с субмикронной периодичностью структуры» (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова)
16:15-17:00	К.х.н. Неудачина В.С., к.ф.-м.н. Вялых Д.В. «Российско-германская лаборатория синхротронного излучения на BESSY II» (Гельмгольц-центр для исследования материалов)
17:00 — 18:30	Стендовая сессия участников конференции Фуршет
18.45 — 19:30	Выступления участников программы У.М.Н.И.К.
19:30 — 20:30	Ужин

13 ноября воскресенье

9:00 — 10:00	Завтрак
10:00 — 10:45	Д.х.н. Морозов И.В. «Новые сверхпроводники на основе слоистых пниктидов и халькогенидов железа» (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова)
10:45 — 11:30	К.х.н. Напольский К.С. «In situ исследование процесса упорядочения пористой структуры анодного оксида алюминия» (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова)
11:30 — 12:00	к.х.н. Дьяченко О.Г. «Молодежное предпринимательство в МГУ: новые возможности» (Центр трансфера технологий МГУ)
12:00 — 12:30	Перерыв (кофе пауза)
12:30 – 13:30	Выступления победителей стендовой сессии
13:30 — 14:30	Обед
15:00	Отъезд участников конференции

ИНФОРМАЦИЯ О ЛЕКТОРАХ

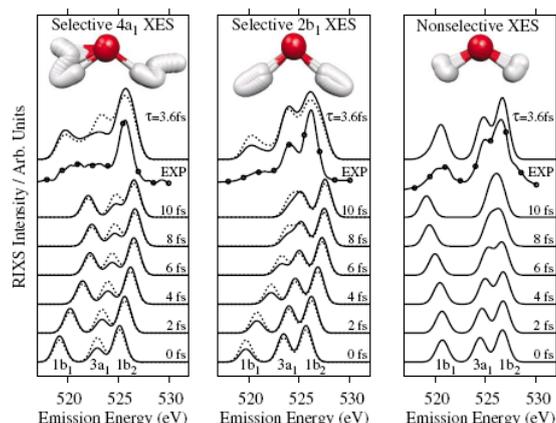
Зубавичус Ян Витаутасович

Кандидат химических наук.
Начальник лаборатории Структурных исследований некристаллических материалов НИЦ «Курчатовский институт».
Научные интересы: рентгеновские методы физико-химического анализа, приложения синхротронного излучения, структурные исследования частично упорядоченных и неупорядоченных материалов.
Окончил Высший химический колледж РАН при РХТУ им. Д.И.Менделеева (1997)
Кандидатская диссертация: «Структурная характеристика частично упорядоченных интеркаляционных соединений дисульфида молибдена» (2001)
Автор более 80 научных статей.



Избранные публикации

1. O. Fuchs, M. Zharnikov, L. Weinhardt, M. Blum, M. Weigand, Y. Zubavichus, M. Bär, F. Maier, J. D. Denlinger, C. Heske, M. Grunze, E. Umbach. Isotope and temperature effects in liquid water probed by x-ray absorption and resonant x-ray emission spectroscopy. *Phys. Rev. Lett.* 100 (2008) 027801.
2. M. Odelius, H. Ogasawara, D. Nordlund, O. Fuchs, L. Weinhardt, F. Maier, E. Umbach, C. Heske, Y. Zubavichus, M. Grunze, J. D. Denlinger, L. G. M. Pettersson, A. Nilsson. Ultrafast Core-Hole-Induced Dynamics in Water Probed by X-Ray Emission Spectroscopy. *Phys. Rev. Lett.* 94 (2005) 227401.
3. Y. Zubavichus, A. Shaporenko, V. Korolkov, M. Grunze, M. Zharnikov. X-ray Absorption Spectroscopy of the Nucleotide Bases at the Carbon, Nitrogen, and Oxygen K-Edges. *J. Phys. Chem. B* 112 (2008) 13711–13716.
4. A.V. Dunaev, I.V. Arkhangelsky, Ya.V. Zubavichus, V.V. Avdeev. Preparation, structure and reduction of graphite intercalation compounds with hexachloroplatinic acid. *Carbon* 46 (2008) 788-795.
5. Y. V. Zubavichus, Yu. L. Slovokhotov, M. K. Nazeeruddin, S. M. Zakeeruddin, M. Grätzel, V. Shklover. Structural characterization of solar cell prototypes based on nanocrystalline TiO₂ anatase sensitized with Ru complexes. X-ray diffraction, XPS, and XAFS spectroscopy study. *Chem. Mater.* 14 (2002) 3556–3563.



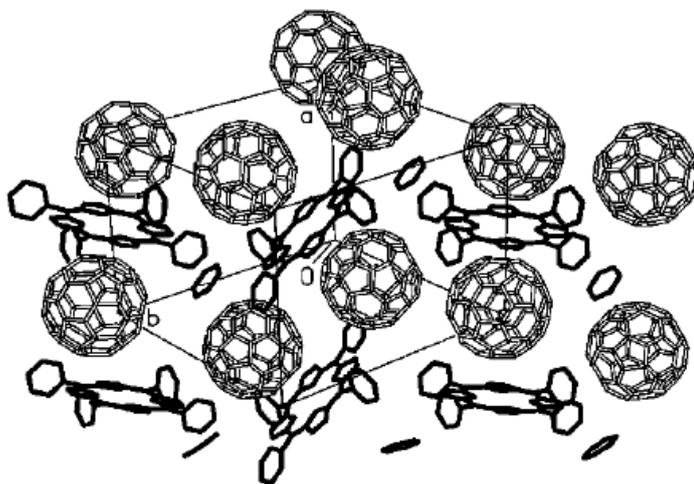
Словохотов Юрий Леонидович



Доктор химических наук.
Профессор, заведующий лабораторией кристаллохимии кафедры физической химии химического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова.
Научные интересы: статистический анализ молекулярных и кристаллических структур органических и элементоорганических соединений по банкам структурных данных, поиск корреляций «структура-свойства».
Окончил химический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова (1978).
Кандидатская диссертация: «Некоторые аспекты строения кластеров переходных металлов» (1986).
Докторская диссертация: «Атомное строение и особенности кристаллохимии новых производных фуллеренов» (2007).
Автор более 130 научных работ.

Избранные публикации

1. В.А.Артамонов, Ю.Л.Словохотов, Группы и их приложения в физике, химии, кристаллографии. М., Академия, 2005, 513 с.
2. A.S.Batsanov, Yu.L.Slovokhotov, Yu.T.Struchkov, Structural chemistry of organometallic compounds, -complexes and clusters of transition metals: geometric criteria of closed electron configurations, в кн. Soviet Scientific Reviews, Coord. Chemistry, 1987, v.10, p.385.
3. Yu.L.Slovokhotov. XAFS spectroscopy of organometallic species and clusters, в кн. Solid State Organometallic Chemistry: Methods and Applications, 1999, Wiley, p.113.
4. D.V.Konarev, I.S.Neretin, Y.L.Slovokhotov, E.I.Yudanova, N.V.Drichko, Yu.M.Shul'ga, B.P.Tarasov, L.L.Gumanov, A.S.Batsanov, J.A.K.Howard, R.N.Lyubovskaya. New molecular complexes of C_{60} and C_{70} with tetraphenylporphyrins МТТР, where $M=H_2$, Mn, Co, Cu, Zn and FeCl. Chem. Eur. J. 7 (2001) 2605-2616.
5. I.S.Neretin, K.A.Lyssenko, M.Yu.Antipin, Yu.L.Slovokhotov, O.V.Boltalina, P.A.Troshin. A.Yu.Lukonin, L.N.Sidorov, R.Taylor. $C_{60}F_{18}$, a Flattened Fullerene alias a Hexa-substituted Benzene. Angew.Chem. Internat. Ed. 39 (2000) 3273.



Образцова Елена Дмитриевна



Кандидат физико-математических наук.

Заведующий лабораторией спектроскопии наноматериалов Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН.

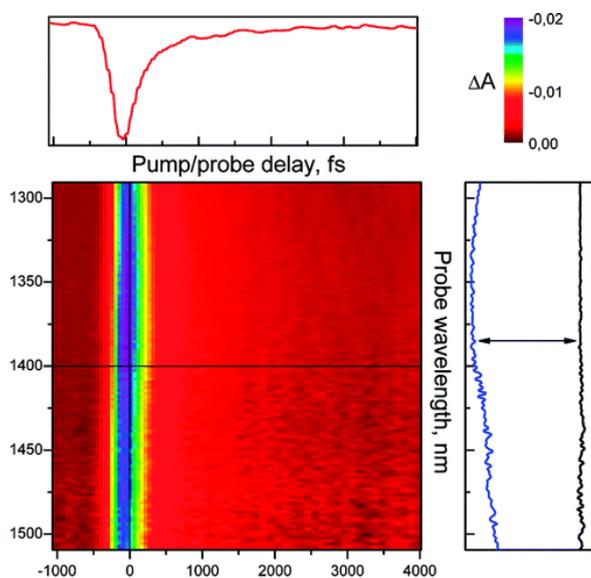
Научные интересы: формирование, оптическая спектроскопия и применение низкоразмерных материалов, исследования нанокремнезема в различных формах (нанокремнезёмные порошки и пленки, лукообразные кремнезёмные структуры, кремнезёмные нанотрубки и графен).

Член редакционной коллегии международных научных журналов: «Углерод» и «Журнал наноэлектроники и оптоэлектроники».

Автор более 170 статей в рецензируемых журналах.

Избранные публикации

1. W. Wenseleers, I.I. Vlasov, E. Goovaerts, E.D. Obratsova, A.S. Lobach, A. Bouwen. Efficient Isolation and Solubilization of Pristine Single-Walled Nanotubes in Bile Salt Micelles. *Adv. Funct. Mater.* 14 (2004) 1105-1112.
2. P. A. Obratsov, M. G. Rybin, A. V. Tyurnina, S. V. Garnov, E. D. Obratsova, A. N. Obratsov, Y. P. Svirko. Broadband Light-Induced Absorbance Change in Multilayer Graphene. *Nano Lett.* 11 (2011) 1540-1545.
3. M. He, A.I. Chernov, P.V. Fedotov, E.D. Obratsova, J. Sainio, E. Rikkinen, H. Jiang, Z. Zhu, Y. Tian, E.I. Kauppinen, M. Niemela, A. Outi, I. Krause. Predominant (6,5) Single-Walled Carbon Nanotube Growth on a Copper-Promoted Iron Catalyst. *J. Am. Chem. Soc.* 132 (2010) 13994-13996
4. A. V. Tausenev, E.D. Obratsova, A.S. Lobach, A.I. Chernov, V.I. Konov, P.G. Kryukov, A.V. Konyashchenko, E.M. Dianov “177-fs erbium-doped fiber laser mode-locked with a cellulose polymer film containing single-wall carbon nanotubes”, *Appl. Phys. Lett.* 92 (2008) 171113.
5. E.D. Obratsova, M. Fujii, S. Hayashi, V.L. Kuznetsov, Yu.V. Butenko, A.L. Chuvilin “Raman identification of Onion-like Carbon”, *Carbon* 36 (1998) 821-826.



Елисеев Андрей Анатольевич



Кандидат химических наук.

Доцент факультета наук о материалах МГУ им. М.В. Ломоносова.

Научные интересы: наноматериалы и нанотехнологии.

Окончил факультет наук о материалах МГУ им. М.В. Ломоносова (2002).

Кандидатская диссертация: «Синтез и свойства наноструктур в мезопористых оксидных матрицах» (2004).

Автор более 100 научных работ.

Избранные публикации

1. А.А. Елисеев, А.В. Лукашин. Функциональные наноматериалы. М.: Физматлит, 2010. 452 стр.

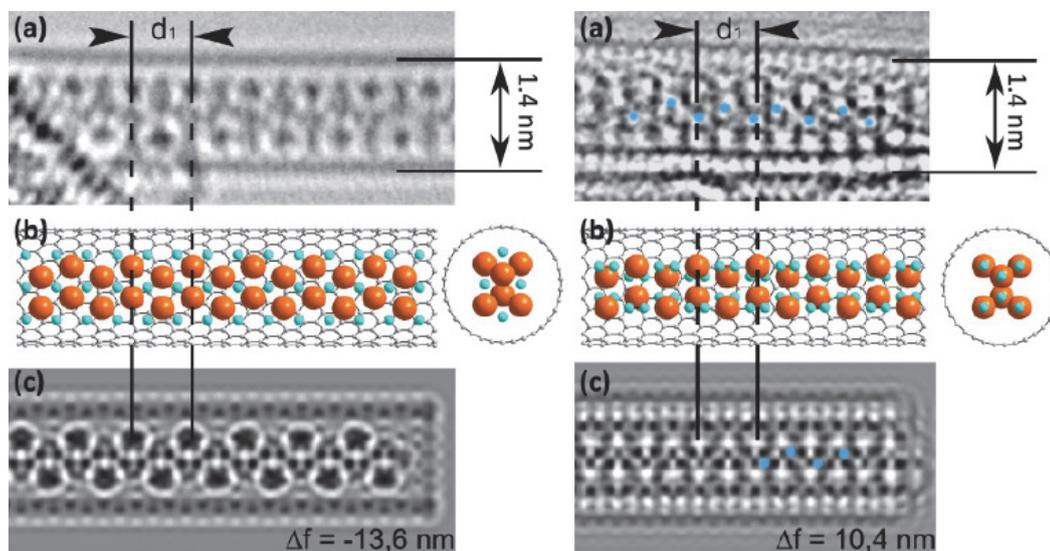
2. A. Eliseev, L. Yashina, M. Kharlamova, N. Kiselev, in «Electronic Properties of Carbon Nanotubes Edited by: Jose Mauricio Marulanda

ISBN 978-953-307-499-3, Hard cover, 680 pages Publisher: InTech Publication date: July 2011. Chapter 8: One-dimensional crystals inside single-walled carbon nanotubes: growth, structure and electronic properties, p. 127-254.

3. L.V. Yashina, A.A. Eliseev, M.V. Kharlamova, A.A. Volykhov, A.V. Egorov, S.V. Savilov, A.V. Lukashin, R. Püttner, A.I. Belogorokhov. Growth and Characterization of One-Dimensional SnTe Crystals within the Single-Walled Carbon Nanotube Channels. J. Phys. Chem. C 115 (2011) 3578-3586.

4. A.A. Eliseev, L.V. Yashina, M.M. Brzhezinskaya, M.V. Chernysheva, M.V. Kharlamova, N.I. Verbitsky, A.V. Lukashin, N.A. Kiselev, A.S. Kumskov, R.M. Zakalyuhin, J.L. Hutchison, B. Freitag, A.S. Vinogradov. Structure and electronic properties of AgX (X = Cl, Br, I)-intercalated single-walled carbon nanotubes. Carbon 48 (2010) 2708-2721.

5. S.F. Chen, C.P. Liu, A.A. Eliseev, D.I. Petukhov, S.Dhara. Confinement effects of CdSe nanocrystals intercalated into mesoporous silica. Appl. Phys. Lett. 96 (2010) 111907.



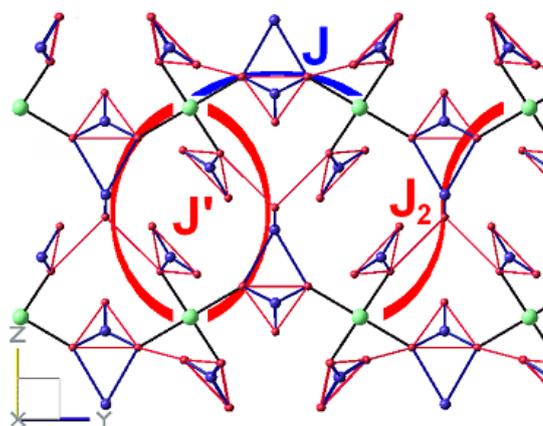
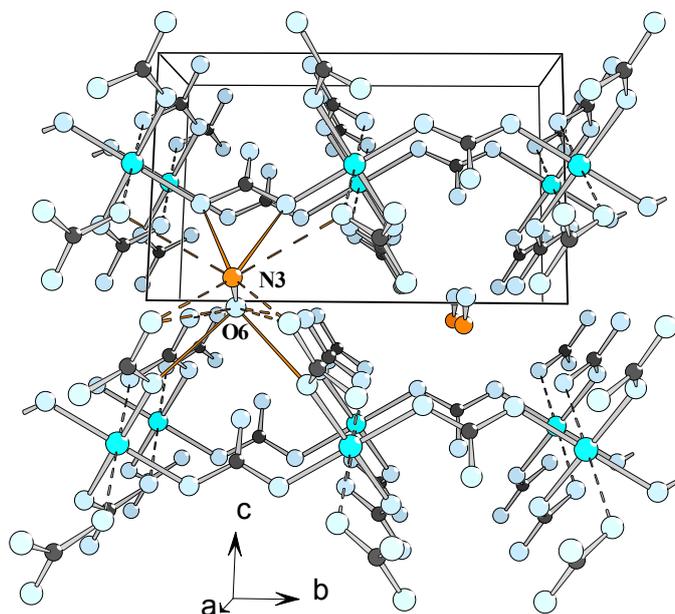
Морозов Игорь Викторович

Доктор химических наук.
Ведущий научный сотрудник лаборатории направленного неорганического синтеза кафедры неорганической химии химического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова.
Область научной деятельности – синтез, строение и свойства неорганических соединений.
Докторская диссертация: «Нитратные комплексы переходных металлов: синтез, кристаллическое строение, свойства» (2010).
Автор более 50 научных работ. В настоящее время активно работает в области синтеза и исследования сверхпроводящих слоистых пниктидов и галогенидов железа.



Избранные публикации

1. И.В. Морозов, Е.В. Карпова, Д.В. Паламарчук, С.И. Троянов. // Оксонитраты $\text{VO}(\text{NO}_3)_3$, $\text{MoO}_2(\text{NO}_3)_2$ и нитратометаллаты нитрония и нитрозония как нитрующие агенты. Ж. неорг. хим. 54 (2009) 1985-1991.
2. О.С. Волкова, И.В. Морозов, Е.А. Лапшева, В.В. Шутов, А.Н. Васильев, Р. Клингелер, Б. Бюшнер. Дальний магнитный порядок в моногидрате нитрата меди $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Ж. эксп. и теор. физ. 89 (2009) 98-103
3. I Morozov, A. Boltalin, O. Volkova, A. Vasiliev, O. Kataeva, et al // Single Crystal Growth and Characterization of Superconducting LiFeAs // CRYSTAL GROWTH & DESIGN **2010** Volume: 10 Issue: 10 Pages: 4428-4432
4. I.V. Morozov, A.A. Fedorova, A.V. Knotko, O.R. Valedinskaja, E. Kemnitz. Mixed 3d-metal oxides prepared using molten ammonium nitrate. Mendeleev Commun. (2004) 138-139.
5. I.V. Morozov, K.O. Znamenkov, Yu.M. Korenev, O.A. Shlyakhtin. Thermal decomposition of $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ at reduced pressures. Thermochimica Acta 403 (2003) 173-179.



$$J \gg J' = 2J_2$$

Яшина Лада Валерьевна



Доктор химических наук, старший научный сотрудник, лаборатория химии и физики

полупроводниковых и сенсорных материалов, химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова.

Докторская диссертация: «Взаимодействие халькогенидов германия, олова и свинца в твердфазных реакциях и в реакциях «твердое-газ» (2008).

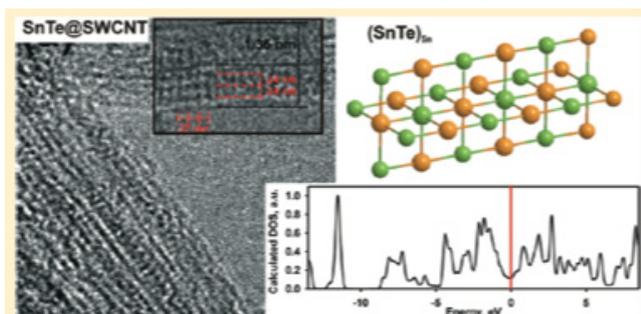
Область научных интересов: химия поверхности, фотоэлектронная спектроскопия, поверхности

полупроводников, топологические изоляторы, углеродные материалы.

Автор более 60 научных статей в области химии и физики материалов. Работы посвящены исследованию механизмов роста кристаллов из газовой и жидкой фазы, исследованию фазовых диаграмм полупроводниковых систем, экспериментальному исследованию и теоретическому моделированию реакций на полупроводниковых поверхностях, исследованию новых углеродных материалов – нанотрубок, наностенок, графена и катализаторов. Проводит фотоэмиссионные исследования в Берлинском центре синхротронных исследований с 2003г.

Избранные публикации

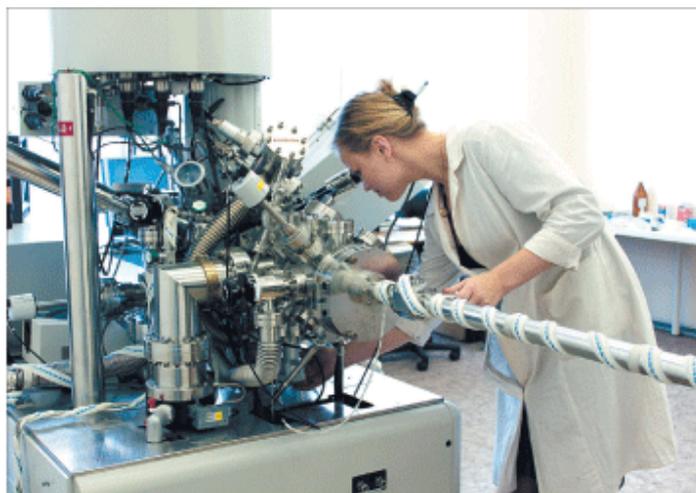
1. Zlomanov V.P., Yashina L.V. Phase Diagrams and Growth of Bulk Lead Chalcogenides Crystals. Chapter III in Lead Chalcogenides: Physics And Applications, ed. Khokhlov D. Gordon&Breach. 2002. P. 35-121.
2. Yashina L.V., Shtanov V.I., Yanenko Z.G. The application of VLS growth technique to bulk semiconductors // *Journal of Crystal Growth*. 2003. V. 252. P. 68-78.
3. Yashina L.V., Leute V., Shtanov V.I., Schmidtke H. M., Neudachina V.S. Comprehensive thermodynamic description of the quasiternary system PbTe-GeTe-SnTe // *J. Alloys and Compounds*. 2006. V. 413. P. 133-143.
4. Yashina L.V., Zyubina T.S., Puettner R., Zyubin A.S., Shtanov V.I., Tikhonov E.V. A Combined Photoelectron Spectroscopy and ab Initio Study of the Adsorbate System O₂/PbTe(001) and the Oxide Layer Growth Kinetics *J. Phys. Chem. C*, 2008, 112 (50), pp 19995–20006
5. Eliseev A., Yashina L., Kharlamova M., Kiselev N. in «Electronic Properties of Carbon Nanotubes Edited by: Jose Mauricio Marulanda. Chapter 8: One-dimensional crystals inside single-walled carbon nanotubes: growth, structure and electronic properties p.127-254.
6. Yashina L. V., Eliseev A. A., Kharlamova M. V., et. al. Growth and Characterization of One-Dimensional SnTe Crystals within the Single-Walled Carbon Nanotube Channels *Journal of Physical Chemistry C* 115 (2011) 3578–3586.



Неудачина Вера Сергеевна

Кандидат химических наук, старший научный сотрудник ОАО «Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности» (ОАО «ГИРЕДМЕТ»).

Окончила химический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова и аспирантуру Института проблем химической физики РАН (г. Черноголовка). В 2009 г. защитила диссертацию на тему «Реакции газофазного окисления-восстановления поверхности PbS (001)».



Специалист в области фотоэлектронной спектроскопии твердого тела, в том числе с использованием синхротронных источников излучения. С 2003 г. проводит эксперименты в рамках Российско-немецкой лаборатории в синхротронном центре BESSY II (Берлин, Германия). Основные области научных интересов: физико-химические процессы на поверхности твердых тел, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, адсорбция газов на поверхности, реакционная способность поверхности материалов. Автор более 15 научных статей в области исследования поверхности полупроводниковых материалов при помощи РФЭС.

Избранные публикации

1. Neudachina V.S., Shatalova T.B., Shtanov V.I., Yashina L.V., Zyubina T.S., Tamm M.E., Kobeleva S.P. XPS study of SnTe (100) oxidation by molecular oxygen // *Surface Science*. – 2005. - V.584. - P.77-82.
2. Zyubina T.S., Neudachina V.S., Yashina L.V., Shtanov V.I. XPS and *ab initio* study of the interaction of PbTe with molecular oxygen // *Surface Science*. – 2005. - V.574. - №1. - P.52-64.
3. Yashina L.V., Puettner R., Zyubina T.S., Poygin M., Shtanov V.I., Neudachina V.S., Molodtsov S.L., Dobrovolsky Yu.A. The reactivity of lead chalcogenide (001) surfaces interacting with H₂S. // *Journal of Physical Chemistry C*. – 2007. – V. 111. – N. 46. – P. 17297-17304.
4. Yashina L.V., Püttner R., Neudachina V.S., Zyubina T.S., Shtanov V.I., Poygin M.V. X-ray photoelectron studies of clean and oxidized α -GeTe(111) surfaces. // *Journal of Applied Physics*. -2008. – V. 103. – P. 094909-1-094909-12.
5. Yashina L.V., Zyubin A.S., Püttner R., Zyubina T.S., Neudachina V.S., Stojanov P., Riley J., Dedyulin S.N., Brzhezinskaya M.M., Shtanov V.I. The oxidation of the PbS(001) surface with O₂ and air studied with photoelectron spectroscopy and *ab initio* modeling // *Surface Science*. – 2011. – V. 605. – P. 473–482.

Напольский Кирилл Сергеевич



Кандидат химических наук.

Научный сотрудник кафедры неорганической химии Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

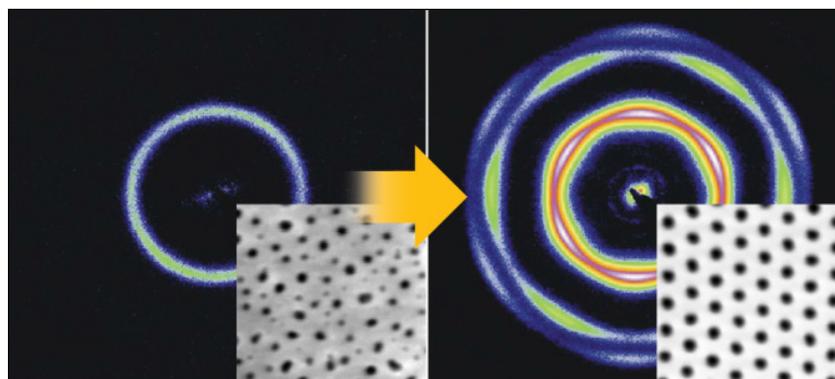
Научные интересы: пористые пленки анодных оксидов, электрохимические методы формирования наноструктур, фотонные кристаллы, малоугловое рассеяние рентгеновского излучения/нейтронов. Окончил факультет наук о материалах МГУ им. М.В. Ломоносова (2006).

Кандидатская диссертация: «Электрохимическое формирование пространственно-упорядоченных металлических наноструктур в пористых матрицах» (2009).

Автор более 40 научных публикаций.

Избранные публикации

1. K.S. Napol'skii, P.J. Barczuk, S.Yu. Vassiliev, A.G. Veresov, G.A. Tsirlina and P.J. Kulesza. Templating of electrodeposited platinum group metals as a tool to control catalytic activity. // *Electrochimica Acta*, 2007, v. 52, pp. 7910–7919.
2. K.S. Napol'skii, N.A. Sapoletova, D.F. Gorozhankin, A.A. Eliseev, D.Yu. Chernyshov, D.V. Byelov, N.A. Grigoryeva, A.A. Mistonov, W.G. Bouwman, K.O. Kvashnina, A.V. Lukashin, A.A. Snigirev, A.V. Vassilieva, S.V. Grigoriev, A.V. Petukhov. Fabrication of Artificial Opals by Electric-Field-Assisted Vertical Deposition. *Langmuir* 26 (2010) 2346-2351.
3. K.S. Napol'skii, I.V. Roslyakov, A.A. Eliseev, A.V. Petukhov, D.V. Byelov, N.A. Grigoryeva, W.G. Bouwman, A.V. Lukashin, K.O. Kvashnina, A.P. Chumakov, S.V. Grigoriev. Long-range ordering in anodic alumina films: a microradian X-ray diffraction study // *Journal of Applied Crystallography*, 2010, 43, pp. 531–538.
4. A. Bosak, I. Snigireva, K.S. Napol'skii, A. Snigirev. High-Resolution Transmission X-ray Microscopy: A New Tool for Mesoscopic Materials // *Advanced Materials*, 2010, 22, pp. 3256–3259.
5. M.R. Lukatskaya, L.A. Trusov, A.A. Eliseev, A.V. Lukashin, M. Jansen, P.E. Kazin, K.S. Napol'skii. Controlled way to prepare quasi-1D nanostructures with complex chemical composition in porous anodic alumina // *Chemical Communications*, 2011, v. 47, pp. 2396–2398.



Иткис Даниил Михайлович

Кандидат химических наук.
Ассистент факультета наук о
материалах МГУ
им. М.В. Ломоносова.

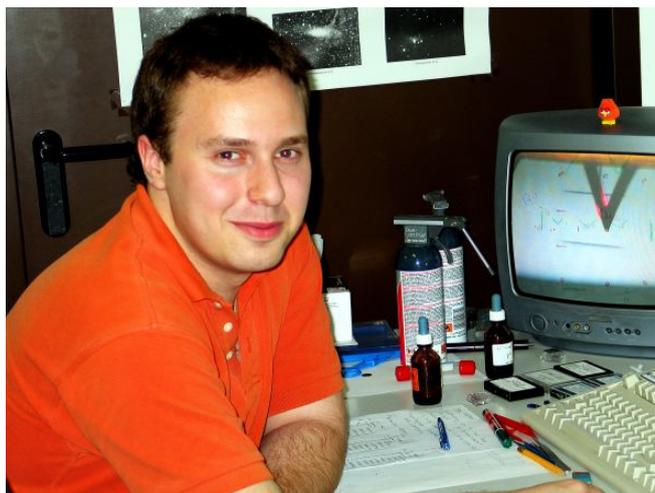
Научные интересы: получение
материалов для литий-ионных и
литий-воздушных аккумуляторов,
оксидные наноматериалы.

Окончил факультет наук о
материалах МГУ им. М.В.
Ломоносова (2007).

Кандидатская диссертация:

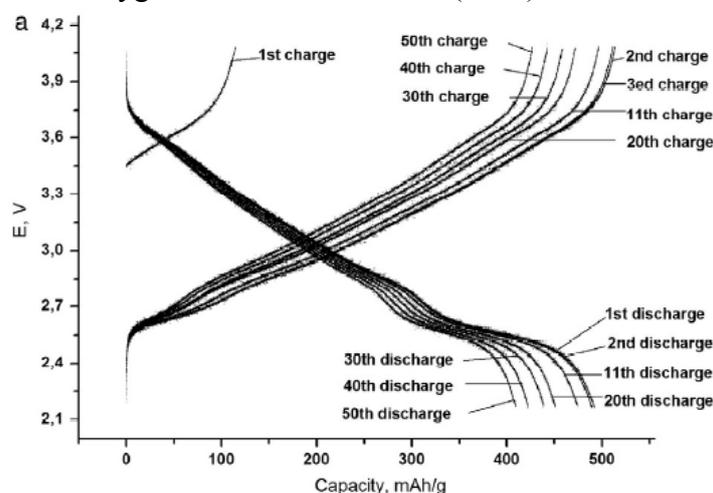
«Высокодисперсные материалы на
основе оксидов ванадия и марганца
для литий-ионных и литий-воздушных химических источников тока» (2010).

Автор более 10 научных работ.



Избранные публикации:

1. G.Yu. Aleshin, D.A. Semenenko, A.I. Belova, T.K. Zakharchenko, D.M. Itkis, E.A. Goodilin, Y.D. Tretyakov. Protected anodes for lithium-air batteries. *Solid State Ionics* 184 (2011) 62-64
2. D.A. Semenenko, D.M. Itkis, E.A. Pomerantseva, E.A. Goodilin, T.L. Kulova, A.M. Skundin, Y.D. Tretyakov. $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$ nanobelts for high capacity lithium-ion battery cathodes. *Electrochem. Comm.* 12 (2010) 1154-1157
3. D.M. Itkis, E.A. Goodilin, A.M. Balagurov, I.A. Bobrikov, A.S. Sinitskii, Y.D. Tretyakov. Preparation-dependent properties of $\text{Ca}(\text{Cu},\text{Mn})_7\text{O}_{12}$ CMR materials. *Solid State Comm.* 139 (2006) 380-385
4. E. A. Goodilin, E. A. Pomerantseva, V. V. Krivetsky, D. M. Itkis, J. Hester, Y. D. Tretyakov. A simple method of growth and lithiation of $\text{Ba}_6\text{Mn}_{24}\text{O}_{48}$ whiskers. 16 (2005) 1614-1620
5. E.A. Pomerantseva, D.M. Itkis, E.A. Goodilin, J.G. Noudem, M.V. Lobanov, M. Greenblatt, Y.D. Tretyakov. Homogeneity field and magnetoresistance of the $\text{Ca}(\text{Mn}, \text{Cu})_7\text{O}_{12}$ solid solution prepared in oxygen. *J. Mater. Chem.* 14 (2004) 1150-1156



Иванов Владимир Константинович

Доктор химических наук.

Ведущий научный сотрудник лаборатории химической синергетики Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН. Научные интересы: оксидные материалы, наноматериалы, оксид цинка, диоксид церия, диоксид циркония, диоксид титана, оксид иттрия, оксид железа, фракталы.

Окончил химический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова (1993).

Кандидатская диссертация: «Топохимические процессы формирования дисперсных металлооксидов с фрактальными свойствами поверхности» (2003).

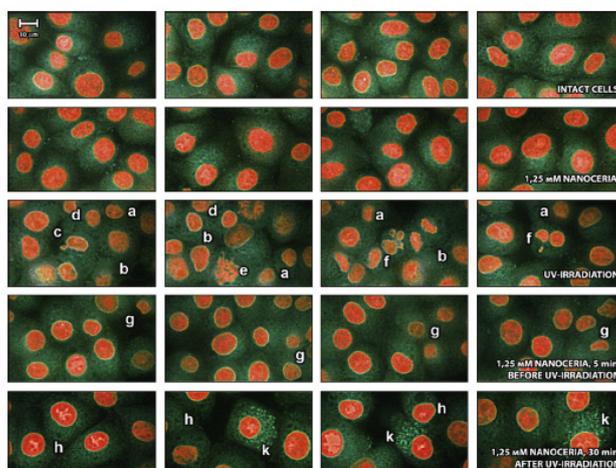
Докторская диссертация: «Функциональные наноматериалы на основе диоксидов церия и элементов подгруппы титана. Синтез, исследование структуры и размерных эффектов» (2011).

Автор более 120 научных статей.



Избранные публикации

1. N.M. Zholobak, V.K. Ivanov, A.B. Shcherbakov, A.S. Shaporev, O.S. Polezhaeva, A.Ye. Baranchikov, N.Ya. Spivak, Yu.D. Tretyakov. UV-shielding property, photocatalytic activity and photocytotoxicity of ceria colloid solutions. *J. Photochem. Photobiol. B.* 102 (2011) p. 32.
2. V. K. Ivanov, G. P. Kopitsa, F. Yu. Sharikov, A. Ye. Baranchikov, A. S. Shaporev, S. V. Grigoriev, P. Klaus Pranzas. Ultrasound-induced changes in mesostructure of amorphous iron (III) hydroxide xerogels: A small-angle neutron scattering study. *Phys. Rev. B* 81 (2010) 174201.
3. A.E. Baranchikov, O.S. Polezhaeva, V.K. Ivanov, Yu.D. Tretyakov. Lattice expansion and oxygen non-stoichiometry of nanocrystalline ceria. *Cryst. Eng. Comm.* 12 (2010) 3531-3533
4. В.К. Иванов, А.Б. Щербakov, А.В. Усатенко. Структурно-чувствительные свойства и биомедицинские применения нанодисперсного диоксида церия. *Успехи химии.* 78 (2009) 924-941.



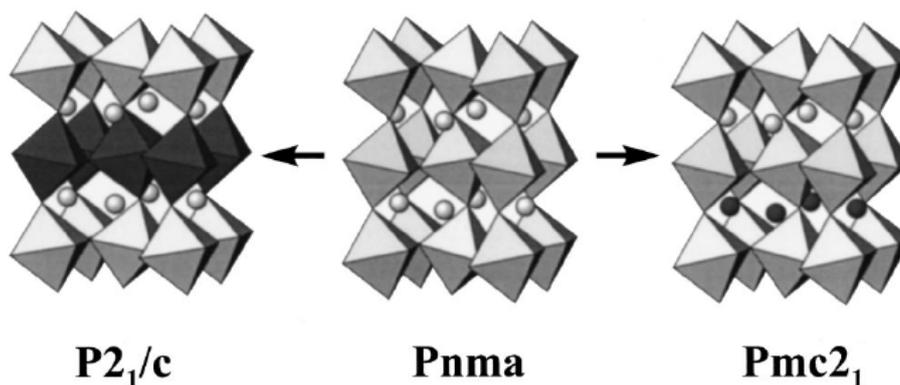
Дьяченко Олег Георгиевич

Кандидат химических наук.
Директор Центра трансфера технологий МГУ.
Окончил химический факультет МГУ
им. М.В. Ломоносова с отличием (1987).
Кандидатская диссертация: «Гомологические
ряды сложных оксидов урана, молибдена и
вольфрама» (1994).
Автор более 70 научных публикаций, из них
10 – по проблемам инновационной деятельности
и коммерциализации вузовских технологий.



Избранные публикации

1. M. V. Lobanov, A. M. Balagurov, V. Ju. Pomjakushin, P. Fischer, M. Gutmann, A. M. Abakumov, O. G. D'yachenko, E. V. Antipov, O. I. Lebedev, G. Van Tendeloo. Structural and magnetic properties of the colossal magnetoresistance perovskite $\text{La}_{0.85}\text{Ca}_{0.15}\text{MnO}_3$. *Phys. Rev. B* 61 (2000) 8941-8949.
2. O.G. D'yachenko, A.Yu. Grippa, S. Lidin, D.P. Rupasov, E.V. Antipov. New Sr-substituted niobium-based misfit layer sulfides. *Ferroelectrics* 305 (2004) 3-6.
3. M.V. Lobanov, A.M. Abakumov, A.V. Sidorova, M.G. Rozova, O.G. D'yachenko, E.V. Antipov, J. Hadermann, G. Van Tendeloo. Synthesis and investigation of novel Mn-based oxyfluoride $\text{Sr}_2\text{Mn}_2\text{O}_{5-x}\text{F}_{1+x}$. *Solid State Sci.* 4 (2002) 19-22.



ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

РОСТ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК СО СТРУКТУРОЙ ПЕРОВСКИТА НА (001) MgO

Адаменков А.А.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Химический факультет, кафедра неорганической химии, лаборатория химии координационных соединений

Можно констатировать, что в последние десять лет наблюдался нарастающий научный интерес к материалам на основе высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП). Значительная его часть связана с созданием сверхпроводящих токонесущих лент слоистой структуры – т.н. ВТСП-лент 2-го поколения. На сегодняшний день коммерческие образцы ВТСП-лент второго поколения, основанные на сверхпроводимости соединений $R\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ (R – редкоземельный элемент) не могут конкурировать как с традиционными электротехническими материалами (медные или алюминиевые провода), так и с проводами основанными на сверхпроводимости других соединений (Nb-Ti , Nb_3Sn , Bi -содержащие ВТСП). Высокая цена в первую очередь связана с многослойностью конечной структуры, а также с тем, что некоторые из слоев наносят относительно дорогими методами. Уменьшение количества стадий создания ВТСП-провода второго поколения, а также их удешевление, при сохранении высоких критических характеристик является достойной материаловедческой задачей.

Типичным вариантом ВТСП-провода второго поколения представляет собой слоистую структуру на подложке из сплава на основе никеля. Однако металлический никель и легирующие компоненты сплава (W , Cr) термодинамически несовместимы с ВТСП материалами, содержащими медь в высокой степени окисления, что приводит к идее осаждения промежуточного (буферного) слоя. Проблема выбора оптимального буферного слоя или композиции буферных слоев, а также метода их нанесения и по сей день остается очень актуальной. В практике получения ВТСП-проводов часто применяется структура буферных слоев $\text{LaMnO}_3/\text{MgO}$. В то же время, в литературе нет убедительных доказательств того, что манганит лантана является оптимальным материалом, а исследования других буферных слоев перовскитов LaMO_3 ($M = \text{Cr}, \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$), выращенных на слое оксида магния практически не велись.

Целью данной работы является исследование особенностей получения тонких пленок в ряду LaCrO_3 LaMnO_3 LaFeO_3 LaCoO_3 LaNiO_3 методом МOCVD в качестве буферных слоев для ВТСП состава $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$.

Эксперименты по осаждению тонких пленок LaMO_3 проводили при фиксированных условиях осаждения: $T = 740^\circ\text{C}$, $p = 10$ мбар, поток Ar 10л/ч, поток O_2 10л/ч. Пленки исследовались методами рентгеновской дифракции, электронной микроскопии с рентгеноспектральным микроанализом (РСМА) и дифракции обратных электронов (ДОЭ).

Большинство синтезированных пленок состава LaMO_3 ($M = \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$) на подложке из текстурированного никеля, покрытого слоем оксида магния, по данным рентгенофазового анализа, а также дифракции обратных электронов обладают двумя типами ориентации, при этом преимущественным типом является ориентация (001), с примесью (110). Отмечено что параметр псевдокубической ячейки соединений состава $\text{LaCo}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$ изменяется в интервале 3,8-3,94 Å при сохранении высокой текстуры полученных пленок. Использование твердых растворов $\text{LaCo}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$ позволяет получать буферные слои с контролируемым рассогласованием параметров кристаллической решетки материалов буферных слоев и ВТСП.

ПОИСК СОЕДИНЕНИЙ СО СТРУКТУРАМИ СРАСТАНИЯ НА ОСНОВЕ $\text{Bi}_2\text{VO}_{5,5}$

Акинфиев В.С.

119991, г. Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В.Ломоносова,
Факультет наук о материалах

Сочетание флюоритных и перовскитных слоев встречается в структурах ряда сверхпроводников, но наиболее интенсивно изучаемое на сегодняшний день семейство – фазы Ауривиллиуса, представляющие собой чередующиеся перовскитные и флюоритные слои. Ванадаты висмута проявляют свойства суперионных оксидных проводников, вольфраматы – сегнетоэлектриков с высокими точками Кюри.

В то время как структура проводящей фазы ванадата висмута стабилизируется несколькими десятками катионов металлов, вольфрамат висмута практически не поддается легированию, и его свойствами невозможно управлять путем образования твердых растворов.

Один из вариантов решения этой проблемы – поиск соединений с более сложными структурами - структурно-химическая модификация. Идея состоит в реализации более сложных структур: фазы Ауривиллиуса «разбавляется» слоями других типов, при этом изменяется состав либо самих перовскитных слоев, либо окружающих их слоев типа флюорита. Поскольку системы типа BiMeVO_x ранее практически не исследовались, возникает вопрос о взаимном влиянии слоев, в частности, об изменении области гомогенности рассматриваемых систем.

Поиск проводился в системе $\text{PbBiO}_2\text{Hal}*\text{Bi}_2\text{V}_{1-x}\text{W}_x\text{O}_{5,5+x/2-\delta}$. Однофазные образцы были получены для $\text{Hal} = \text{Cl}$ от $x=0$ до $x=1$ с шагом 0,1, для $\text{Hal} = \text{Br}$ и $x = 0$. Также была обнаружена фаза состава $\text{PbBi}_3\text{VO}_{7,5-\delta}\text{I}$. Индексирование рентгенограмм обнаруженных соединений приводит к метрически тетрагональным ячейкам, т.е. структуры срастания образуется, по-видимому, на основе ионпроводящей γ -фазы ванадата висмута.

Нами оптимизированы условия синтеза данных соединений: для Cl образцы получают однофазными в результате отжига при 800°C при остаточном давлении кислорода порядка 20 мТорр за 120 часов при отжиге в одной ампуле с PbBiO_2Hal для создания его равновесного давления.

Следует отметить, что в системе $\text{PbBiO}_2\text{Hal}*\text{Bi}_2\text{V}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_{5,5+z-\delta}$ ванадий имеет степень окисления меньше, чем $5+$. При переходе к структуре оксохлорида, возможности замещения ванадия значительно изменяются: растворимость катионов кобальта и меди падает, а с вольфрамом образуется непрерывный твёрдый раствор. Для брома, аналогичный твёрдый раствор существует до $x=0,3$, что, по всей видимости, вызвано тем, что $\text{PbBi}_3\text{WO}_8\text{Br}$ не существует.

Параметры элементарной ячейки $\text{PbBi}_3\text{VO}_{7,5-\delta}\text{Hal}$:

Hal	a, Å	c, Å
Cl	3.9225(4)	13.905(3)
Br	3.9531(4)	14.071(2)
I	3.989(1)	14.39(1)

Работа выполнена при поддержке РФФИ грант номер 09-03-01064А.

ДЕЗАГРЕГАЦИЯ И ОБРАЗОВАНИЕ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ В НАНОАЛМАЗАХ ДЕТОНАЦИОННОГО СИНТЕЗА

Беляева Л.А., Коробов М.В.

119991, г. Москва, Ленинские горы, д.1, строение 3, ГСП-2, МГУ, Химический факультет

Поиск эффективных физико-химических характеристик наноматериалов является весьма актуальной задачей. Для этих новых объектов традиционные характеристики веществ (химический состав, энтальпии образования, пики РФА и т.п.) теряют свое значение. Они плохо воспроизводимы и не позволяют отличать одну форму наноматериала от другой. Наноалмазы детонационного синтеза (НАДС) – углеродный наноматериал, имеющий хорошие перспективы применения в медицине, при создании композитов и т.д. НАДС существуют в виде сухих порошков, водных паст (гелей) и водных дисперсий. Принятый в литературе способ описания НАДС не дает исчерпывающей информации о состоянии материала, в особенности о его вторичной структуре, возникающей в порошках и пастах.

Цель настоящей работы – поиск и тестирование термодинамических величин, характеризующих пасты НАДС с различными растворителями. Также в данной работе были поставлены задачи подобрать параметры, однозначно характеризующие вторичную структуру, подтвердить их различными независимыми методами, разработать методику, позволяющую отличить между собой как дезагрегированный и агрегированный НАДС, так и различные наноалмазы близкой степени агрегации.

В качестве основного метода исследования использовалась дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК). Удалось найти воспроизводимые параметры вторичной структуры НАДС – удельное количество нанофазы растворителя, температура плавления нанофазы растворителя и удельное количество незамерзающей жидкости. Проводился поиск корреляций между параметрами ДСК кривых и данными методов динамического светорассеяния, термогравиметрии (изотермическая сушка), ИК- и УФ-спектроскопии, ПЭМ. Исследовались образцы НАДС компаний NANOAmendo, PlasmaChem, Синта и др. Изучалось влияние кислотной и щелочной обработки, высокого давления и направленной модификации поверхности на параметры ДСК кривых.

Показано, что температура плавления нанофазы растворителя может служить воспроизводимой характеристикой различных образцов НАДС, позволяющей описывать свойства порошков и паст и предсказывать свойства дисперсий. Появление нанофазы растворителя объясняется образованием вторичной пористой структуры, состоящей из нанокристаллов алмаза. Показано, что вторичная структура НАДС может образовываться при кислотной обработке материала и исчезать под действием высокого давления. Количество нанофазы растворителя и количество незамерзающего растворителя являются дополнительными характеристиками НАДС, получаемыми из ДСК-кривых. Если растворитель - вода последний параметр может служить характеристикой гидрофобности образца. Данные, полученные другими методами, согласуются с результатами ДСК.

Хорошая воспроизводимость, минимальное требуемое количество образца, малое время анализа, простота измерений и обработки делает ДСК перспективным методом, позволяющим характеризовать наноматериалы, в которых возникают пористые структуры.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И СТРУКТУРА СВЕРХРЕШЕТОК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОЧАСТИЦ

Бородинов Николай Сергеевич

*119991, г. Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В.Ломоносова,
Факультет наук о материалах*

Получение пространственно-упорядоченных наноструктур с заданными характеристиками является важным направлением современного материаловедения. Такие системы могут быть применены для создания люминесцентных покрытий, устройств хранения информации со сверхвысокой плотностью записи, а также различных элементах микроэлектроники. Однако метод литографии, являющийся традиционным способом получения полупроводниковых наноструктурированных материалов, не позволяет создавать структуры с периодом менее 30 нм. В связи с этим в последнее время особое внимание ученых привлекает метод самосборки (англ. «self-assembly») наноразмерных объектов в упорядоченные массивы (также называемые сверхрешетками). Основной целью, поставленной в рамках настоящей работы, является исследование условий и особенностей формирования упорядоченных массивов наночастиц CdSe.

Наночастицы селенида кадмия были получены по методу синтеза в коллоидных нанореакторах в ходе реакции олеата кадмия и триоктилфосфинселенида в атмосфере аргона при повышенной температуре. С целью получения наиболее крупных наночастиц сферической формы были проведены серии синтезов при различной температуре (140°C - 270°C) и концентрации прекурсоров (0,025 моль/л - 0,2 моль/л). Для изучения процесса формирования наночастиц CdSe была сконструирована установка, позволяющая измерять спектр люминесценции раствора в процессе синтеза в непрерывном режиме. Размер частиц был определен при помощи ПЭМ. Показано, что при повышении температуры синтеза диаметр частиц увеличивается от 3 нм (180°C, 0,2 моль/л) до 7 нм (270°C, 0,2 моль/л). Полученные данные были использованы для построения зависимости ширина запрещенной зоны-диаметр частиц, которая была использована для описания процесса роста частиц.

В качестве основного метода очистки частиц от примесей, а также повышения однородности по размеру, было использовано размерно-селективное осаждение. Этот метод основывается на том, что крупные частицы осаждаются раньше мелких при повышении полярности раствора. Очистка частиц от нерастворимых в ацетоне, но растворимых в гептане примесей осуществлялась при помощи многократного ультрацентрифугирования (280000g в течение 1,5 часов при температуре 20°C) и последующего редиспергирования.

Сверхрешетки, полученные в ходе выполнения настоящей работы, были получены путем контролируемой кристаллизации при испарении раствора и были охарактеризованы при помощи малоуглового рассеяния синхротронного излучения, РЭМ и люминесцентной спектроскопии. При образовании сверхрешетки происходит сдвиг пика люминесценции, который обуславливается переносом энергии между нанокристаллами в сверхрешетке и разделением частиц по размеру при формировании упорядоченных структур. Согласно данным SAXS, наночастицы, составляющие сверхрешетку, расположены в ней в соответствии с принципом трехслойной плотнейшей шаровой упаковки.

МЕМБРАНЫ АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ В ЖИДКОЙ СРЕДЕ

Булдаков Дмитрий Алексеевич, Петухов Дмитрий Игоревич

*119991, г. Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В.Ломоносова,
Факультет наук о материалах*

В последние десятилетия процессы очистки и разделения газовых и жидкостных смесей становятся одним из наиболее приоритетных исследовательских направлений. Среди различных неорганических материалов, используемых для изготовления мембран, следует выделить анодный оксид алюминия (АА), который, благодаря уникальным особенностям своей структуры (узкое распределение пор по размеру, низкая извилистость пор), при сравнительной простоте и дешевизне получения, а также возможности синтезировать мембраны с заданными параметрами (диаметр пор, пористость и толщина пленки) является прекрасным кандидатом для создания ультра- и микрофильтрационных мембран и мембран для разделения газовых смесей.

Следует отметить, что при проведении процессов фильтрации определяющим является не только диаметр пор мембраны, но и заряд поверхности стенок пор мембраны, а также химическая устойчивость к среде, в которой происходит фильтрация. В связи с этим в рамках данной работы была исследована химическая стабильность мембран АА и возможность их применения для проведения процессов разделения в жидкой фазе (в частности, процессов микрофильтрации и разделения белков в процессе диализа).

В работе были синтезированы мембраны АА окислением металлического алюминия по методике одностадийного анодирования в «жестких» условиях – 150В в 0,3М $H_2C_2O_4$ (НА), а также двухстадийным окислением в 0,3М растворе H_2SO_4 при 25V (ААs), 0,3М растворе $H_2C_2O_4$ при 40V (ААo) и 0,1М растворе H_3PO_4 при 160V (ААp). Для достижения сквозной пористости синтезированных образцов было произведено удаление металлической подложки и барьерного слоя.

Исследование химической устойчивости мембран проводилось как по отношению к кислым, так и к щелочным средам. Установлено, что скорость растворения оксидной пленки определяется количеством примесей в стенках пор, абсорбированных из раствора электролита в процессе анодирования, при этом в диапазоне значений рН от 2 до 10 растворения мембраны не происходит.

В качестве модельных объектов для исследования процессов микрофильтрации использовались микросферы полиметилметакрилата различного диаметра. Установлено, что полное отсеивание наблюдается для частиц с диаметром, равным диаметру пор, а полное пропускание для частиц, размеры которых в 3 раза меньше диаметра пор. Диализные процессы на мембранах АА с различным диаметром пор были исследованы на примере диффузии молекул БСА (бычий сывороточный альбумин). Эксперименты по диализу проводились при различных значениях рН, при этом варьировался заряд как поверхности стенок пор мембраны, так и белка. Установлено, что максимальная скорость диффузии наблюдается в том случае, когда поверхность стенок пор и молекулы белка имеют противоположные заряды (рН=7). При рН=4 и 10 наблюдается снижение скорости диализа, обусловленное электростатическим отталкиванием одноименно заряженных молекул белка и поверхности стенок пор мембраны. Таким образом, мембраны АА могут быть использованы для выделения индивидуальных компонентов из смесей белков, обладающих различными значениями точки нулевого заряда.

МАГНИТОРЕЗИСТИВНЫЕ КОМПОЗИТЫ $\text{La}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$ – ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТ

Визгалов В.А., Васильев А.В.

*119991, г. Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В.Ломоносова,
Факультет наук о материалах*

Манганиты лантана-стронция (LSMO) со структурой перовскита являются одними из небольшого ряда материалов, для которых характерен относительно недавно открытый эффект колоссального магнитосопротивления. Манганиты и композиты на их основе, в зависимости от типа магнитосопротивления, проявляемого материалом, могут применяться в таких областях как: компасы, сверхчувствительные магнитные сенсоры линейного и углового перемещения, магниторезистивные ячейки памяти, считывающие головки жестких дисков, устройства спинтроники. Общее магнитосопротивление материала на основе манганита лантана-стронция можно дополнительно увеличить за счёт эффекта туннельного магнитосопротивления. Т.е. получая композит с тонкими прослойками из диэлектрической матрицы между проводящими ферромагнитными частицами манганита, можно добиться значительно увеличить общее магнитосопротивление образцов, причем данный факт будет наиболее заметен при низких температурах. Чаще всего подобные композиты, описанные в статьях, представляют собой стеклокерамические образцы^{1,2} и значительно реже встречаются композиты, в которых качестве диэлектрической матрицы используется полимер.

Целью данной работы было исследование магниторезистивных свойств композитов $\text{La}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$ – полиметилметакрилат (ПММА) с различным содержанием магнитной фазы.

В ходе работы были получены образцы $\text{La}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$, используя золь-гель метод с применением этиленгликоля в качестве полимерообразующего реагента. Порошки манганита были получены термообработкой при температурах 800 – 1000°C в течение 4 часов. В качестве полимера для образования диэлектрической матрицы был использован ПММА (полиметилметакрилат). Композиты LSMO – полимер с долей полимера 10 – 70 массовых % были получены по разработанной нами методике прессования при температуре 170 °С. В ходе работы, на разных стадиях, образцы исследовались методами рентгенофазового анализа, растровой электронной микроскопии, магнитометрии, также исследовались зависимости электропроводности образцов от внешнего магнитного поля (в полях до 20 кЭ).

Полученные результаты работы можно сформулировать в виде следующих тезисов:

- Использованный метод синтеза манганита позволяет получать частицы заданного состава, при этом микроструктура и магнитные свойства зависят от температуры термообработки;
- Увеличение температуры термообработки при получении порошков манганита приводит к увеличению величины туннельного магнитосопротивления композита;
- Величина туннельного магнитосопротивления растет по мере увеличения содержания ПММА композита до определенной критической доли, наибольшее значение ТМС -10,5 %, соответствующий доле ПММА 50 % в случае манганита, полученного термообработкой при 1000°C;

Литература:

1. Lu W.J., Sun Y.P., Zhu X.B., Song W.H., Du J.J., Mat. Lett., 2006., **60**, 3207-3211
2. Gil L.K., Baca E., Moran O., Quinayas C., Bolanos G., Sol. St. Comm., 2008., **145**, 66-71

КИНЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ

Вохмянина Д.В.^а, Карякин А.А.^б

^аФакультет наук о материалах МГУ имени М.В.Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские Горы

^бХимический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы

В настоящее время в клинической химии большое внимание уделяется проблеме окислительного стресса, предшествующего таким серьезным болезням, как атеросклероз, почечная недостаточность, рак и др. Окислительный стресс возникает за счет нарушения в организме окислительно-восстановительного баланса. Можно предположить, что он может быть восстановлен за счет поступления восстановителей извне, через пищу. По данной причине одним из важных показателей пищевых продуктов является их антиоксидантная активность.

В настоящей работе предлагается усовершенствовать и апробировать для целей клинической диагностики новый метод определения антиоксидантной активности по кинетическим параметрам реакции разложения пероксида водорода, недавно разработанный нами для оценки общей антиоксидантной активности пищевых продуктов [1]. Пероксид водорода является сильнейшим из окислителей, постоянно присутствующих в человеческом организме, и достаточно стабилен, что позволяет проследить полную кинетику его разложения под действием антиоксидантов. Метод основан на мониторинге реакции разложения пероксида водорода под действием антиоксидантов по уменьшению его концентрации после инъекции в образец. Датчик на пероксид водорода представляет собой планарный электрод, модифицированный пленкой берлинской лазури – самого эффективного известного катализатора восстановления пероксида водорода [2]. Изучение кинетики поглощения пероксида водорода в напитках показало, что реакция идет по псевдопервому порядку. Константа скорости в таких реакциях измеряется как тангенс угла наклона прямой в полулогарифмических координатах; антиоксидантная активность тем выше, чем больше эта константа.

Была измерена антиоксидантная активность ряда биологически-активных добавок и соков. Также была показана принципиальная применимость данного метода в клинической диагностике для анализа антиоксидантной активности плазмы крови.

Для сравнения был использован метод, основанный на спектрофотометрической регистрации максимума спектра поглощения тиобарбитурат-активных продуктов перекисного окисления липидов. Данные, получаемые обоими методами, были сопоставимы.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного контракта № 14.740.11.1374 Министерства образования и науки РФ.

Литература:

1. Elena E. Karyakina, Darya V. Vokhmyanina, Tatyana G. Sazontova, Aytugan N. Sabitov, Anastasiya V. Borisova, Yury V. Arkhipenko, Vsevolod A. Tkachuk, Yury A. Zolotov, Arkady A. Karyakin. *Talanta* 2009, **80**, 749.
2. A.A. Karyakin, E.A. Puganova, I.A. Bolshakov, E.E. Karyakina. *Angewandte Chemie, Int. Ed.* 2007, **46**, 7678.

K[Cu(NO₃)₃(H₂O)]: СИНТЕЗ И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА

Гавриков А. В., Карпова Е. В., Захаров М. А.

119991, г. Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3, ГСП-1, МГУ, химический факультет

Сине-зеленые призматические кристаллы ранее неизвестного состава K[Cu(NO₃)₃(H₂O)] (**I**) были получены кристаллизацией из азотнокислого раствора Cu(CF₃COO)₂ и KCl. Для проведения РСА гигроскопичные кристаллы **I** отбирали под слоем вазелинового масла, помещали в тонкостенные стеклянные капилляры и запаивали. Установлено, что **I** кристаллизуется в ромбической сингонии: пр. гр. *Pbn*21; $a=4,946(1)$, $b=13,371(3)$, $c=24,861(5)$ Å; $V=1644,1(6)$ Å³; $Z=6$; $R_1=0,0525$.

В структуре **I** присутствуют два типа кристаллографически независимых атомов меди, имеющих сходную структурную функцию. Координационный полиэдр атомов Cu(1) и Cu(2) - искаженная тетрагональная пирамида, основание которой образует квадрат из четырех атомов O, принадлежащих молекуле H₂O и трем NO₃-группам. Среднее расстояние Cu-O в основании пирамиды составляет 1,958(3) Å для атома Cu(1) и 1,984(1) Å для атома Cu(2). В вершине пирамиды на несколько удаленном расстоянии Cu-O (2,345(1) и 2,357(1) Å для атомов Cu(1) и Cu(2) соответственно) располагается атом кислорода четвертой нитратной группы, входящей в ближайшее координационное окружение соседнего атома Cu. Эта вершина не только удалена, но и смещена относительно идеального положения (рис. 1): величина угла OCuO между вершиной и плоскостью основания пирамиды составляет ≈ 80°.

Связывание атомов меди в бесконечные цепи [Cu(NO₃)₃(H₂O)]_nⁿ⁺, направленные вдоль оси *a*, осуществляется за счет мостиковых NO₃-групп (рис. 1). Следует отметить, что медьсодержащие цепи в **I** по своему строению аналогичны нейтральным цепям [Cu(NO₃)₂(H₂O)₂]_n, входящим в состав хорошо известного «тригидрата» нитрата меди Cu(NO₃)₂·2,5H₂O [1].

Отдельные цепи объединяются в трехмерную структуру за счет водородных связей с участием молекул воды и атомов кислорода нитратных групп (H₂O...H₂O 2,865Å), а также ионных связей с участием катионов K⁺.

Можно ожидать, что в структуре **I** при пониженных температурах, аналогично Cu(NO₃)₂·2,5H₂O, будет наблюдаться спиновое упорядочение с реализацией необычных основных состояний.

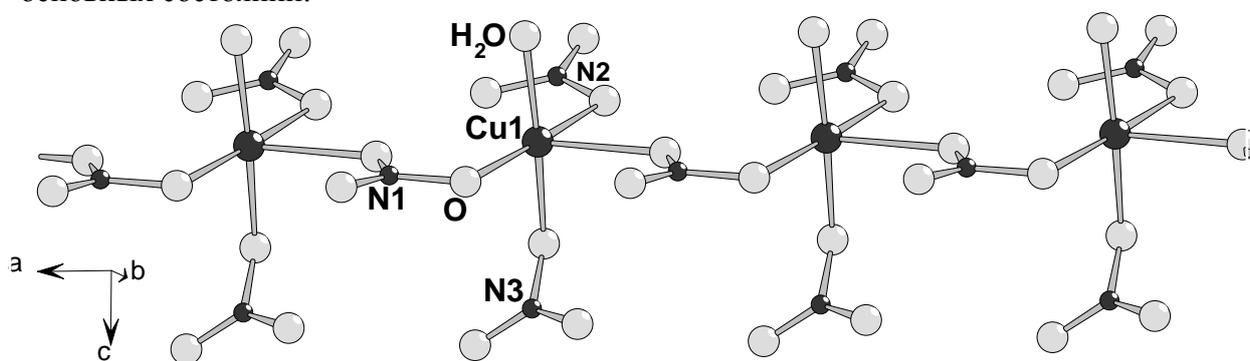


Рис. 1. Строение бесконечных цепей в структуре K[Cu(NO₃)₃(H₂O)].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 09-03-01166-а.

Литература:

1. В. Morosin. Acta Cryst. B. 1970. V. 26. P. 1203-1208.

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИОКСИДА ЦЕРИЯ

*Гиль Дмитрий Олегович^а, Иванов Владимир Константинович^а,
Копица Геннадий Петрович^б*

^а 119991, ГСП-1, г. Москва, В-71, Ленинский проспект, д.3, ИОНХ РАН

^б 188300, Ленинградская обл., г. Гатчина, Орлова роща, ФГБУ «ПИАФ»

В настоящее время широкозонные полупроводники, такие как диоксид титана и оксид цинка, широко используются в качестве компонентов солнцезащитной косметики (УФ-фильтры). Однако вышеуказанные материалы обладают существенным недостатком, а именно высокой фотокаталитической активностью, в связи с чем под воздействием солнечного света могут разрушать органические компоненты косметики. Нанокристаллический диоксид церия, являясь широкозонным полупроводником, также может быть использован в качестве материала, поглощающего УФ-излучение. В то же время, благодаря присущей ему кислородной нестехиометрии, CeO_{2-x} проявляет ярко выраженные антиоксидантные свойства, что может предотвратить фотодеструкцию органических соединений, однако к настоящему времени данные о фотокаталитической активности нанокристаллического диоксида церия являются крайне фрагментарными.

В связи с этим целью данной работы явилось выявление параметров, определяющих фотокаталитическую активность диоксида церия. Для получения нанокристаллического диоксида церия был использован метод быстрого осаждения. Основным достоинством данного метода является возможность получения образцов CeO_{2-x} с размером частиц менее 10 нм. Для определения фотокаталитической активности полученных образцов диоксида церия была выбрана модельная реакция фотодегградации метилового оранжевого в водной среде. В ходе выполнения работы были использованы следующие физико-химические методы анализа полученных образцов: РФА; ПЭМ; низкотемпературная адсорбция азота; спектрофотометрия; иодометрическое титрование; термогравиметрический анализ.

В ходе данной работы была разработана методика измерения фотокаталитической активности нанокристаллического диоксида церия. Было показано, что с уменьшением размера частиц диоксида церия происходит снижение его фотокаталитической активности. Также было установлено, что с уменьшением pH реакционной среды наблюдается рост фотоактивности CeO_{2-x} . При изучении зависимости фотокаталитической активности полученных образцов от концентрации фотокатализатора в суспензии было показано, что с ростом концентрации диоксида церия происходит увеличение скорости фотодегградации красителя.

Таким образом, была отработана методика определения фотокаталитической активности нанокристаллического диоксида церия с учетом сорбционной способности частиц фотокатализатора; изучено влияние параметров синтеза диоксида церия на микроморфологию и химический состав получаемых продуктов; получены образцы нанокристаллического диоксида церия с различным размером частиц (от 3 до 12 нм) и исследована их фотокаталитическая активность; изучено влияние параметров образцов CeO_{2-x} , а также условий проведения экспериментов на скорость фотодеструкции метилового оранжевого.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 11-02-011 03а).

ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИЕ КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ МЕЗОПОРИСТОГО ОКСИДА ТИТАНА ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ОКИСЛЕНИЯ УГАРНОГО ГАЗА В ПРИСУТСТВИИ ВОДОРОДА

Гордеева Корнелия Сергеевна, Колесник Ирина Валерьевна, Петухов Дмитрий Игоревич, Елисеев Андрей Анатольевич, Лукашин Алексей Викторович

*119991, г. Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В.Ломоносова,
Факультет наук о материалах*

Катализаторы, содержащие наночастицы золота, нанесенные на оксиды титана, церия или железа, обладают высокой активностью и селективностью во многих реакциях окисления, в том числе окисления СО в присутствии водорода при 50-110°C. Эта реакция очень важна для очистки водорода, получаемого путем парового риформинга, от примеси СО, так как он является каталитическим ядом для платиновых катализаторов, используемых, например, в водородных топливных элементах. Однако селективность таких катализаторов достигает лишь 60%, что связано с необходимостью регенерации центров активации кислорода, находящихся на поверхности оксидного носителя, при которой расходуется водород. Для решения этой проблемы в рамках работы предложен подход, связанный с введением в состав катализатора Au/TiO₂ дополнительных металлических компонентов: Ag, Cu и Pd. Предполагается, что повышение селективности биметаллических систем Au-M/TiO₂ (где M= Ag, Cu, Pd) по сравнению с системой Au/TiO₂ может быть обусловлено изменением количества и природы активных центров таких катализаторов. Таким образом, целью данной работы является разработка методов получения высокоселективных катализаторов окисления СО в присутствии водорода на основе биметаллических частиц Au-Pd, Au-Ag и Au-Cu, нанесенных на мезопористый TiO₂.

Мезопористый TiO₂ был получен темплатным методом синтеза путем гидролиза Ti(OⁱPr)₄ в присутствии неионного ПАВ – триблоксополимера P123 в кислой среде (pH=2) с последующим отжигом при 250°C в токе кислорода для удаления темплата. Осаждение металлов на поверхность мезопористого TiO₂ проводили при pH=5 и 50°C из водных растворов [Au(NH₃)₃OH](NO₃)₂, AgNO₃, Pd(NO₃)₂ и Cu(NO₃)₂ с последующей сублимационной сушкой и восстановлением в токе H₂ при 140°C.

Согласно данным низкотемпературной адсорбции азота, мезопористый TiO₂ характеризуется высокой удельной площадью поверхности (260±10 м²/г), узким распределением пор по размерам и нанокристаллическими стенками пор диаметром 3,4±0,1 нм. По данным просвечивающей электронной микроскопии, образцы после нанесения и восстановления металлов (Au, Au-Pd, Au-Ag и Au-Cu), содержат частицы металлических фаз, средний размер которых не превышает 2 нм. В результате изучения образцов методом ИК-спектроскопии диффузного отражения было установлено, что адсорбция молекул СО может происходить с образованием линейных карбониллов M^{δ-}-СО и мостиковых карбониллов на поверхности наночастиц металла, что связано с малым размером частиц металлической фазы и высокой концентрацией кислородных вакансий в мезопористом TiO₂. Измерение активности и селективности катализаторов в реакции селективного окисления СО в присутствии водорода (состав газовой смеси: 75% H₂, 1% O₂, 1% СО, 23% He, T=50°C) показало, что образец, содержащий палладий, обладает селективностью 14% и низкой каталитической активностью, что связано с наличием адсорбционных центров для водорода на его поверхности. Образец, содержащий медь, обладает высокой каталитической активностью. А селективность образца Au-Ag/TiO₂ превышает 95%, что вызвано дополнительной адсорбцией O₂ на атомах серебра.

СОРБЦИЯ Am(III) НА ПОВЕРХНОСТИ МИКРОСФЕР ОКСИДА ТИТАНА (TiO₂)

Грачева Н.Н., Романчук А.Ю., Калмыков С.Н.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Химический факультет, кафедра радиохимии, лаборатория дозиметрии и радиоактивности окружающей среды

В результате деятельности предприятий ядерного топливного цикла (ЯТЦ) и испытаний ядерного оружия в окружающую среду поступают трансурановые элементы. Для определения факторов, влияющих на миграционное поведение радионуклидов в окружающей среде, необходимо исследовать сорбционное поведение ионов актинидов на поверхности вмещающих пород и коллоидных частиц, присутствующих в растворе. В данной работе исследовалась сорбция на поверхности диоксида титана (TiO₂), который существует в виде трех полиморфных модификаций: рутила, анатаза и брукита. Все они встречаются в природе в виде минералов. Целью работы является исследование сорбционного поведения Am(III) на различных образцах TiO₂. Были поставлены следующие задачи: исследование зависимости сорбции Am(III) на поверхности различных образцов TiO₂ от времени и pH раствора и получение изотерм сорбции. В работе исследовали два образца TiO₂, которые были получены гидролизом алкоголята титана. Один из образцов был подвергнут гидротермальной обработке при температуре 170°C в течении 1 часа, что привело к изменению кристаллического состава и пористости образца. Исследование кинетики сорбции Am(III) на поверхности TiO₂ показало, что подвижное равновесие в системе для обоих образцов с низкой степенью насыщения поверхности сорбатом устанавливается в течение первых 30 минут. При более высокой степени насыщения поверхности равновесие достигается значительно медленнее, что свидетельствует об участии поверхности пор в сорбции. Зависимость сорбции Am(III) от pH на образце TiO₂, подвергнутом гидротермальной обработке, сдвинута в область более высоких pH раствора. Это может быть связано с изменением кристалличности образца. Для моделирования сорбционной реакции, протекающей на поверхности диоксида титана и расчета константы равновесия этой реакции, проводили математическое моделирование с использованием компьютерной программы FITEQL 4,0. Были получены изотермы сорбции Am(III) на TiO₂ при pH 4,0 и 4,5, которые были описаны с помощью уравнений Ленгмюра. В результате этого была рассчитана предельная величина сорбции. При pH=4,0 для образца TiO₂ без обработки она составила 231 мкг/м², для образца TiO₂ после обработки – 213 мкг/м²; при pH=4,50 – 1,9 мг/м² для обоих образцов. Близкие значения предельной величины сорбции для различных образцов говорят о малом изменении сорбционных свойств поверхности в результате гидротермальной обработки микросфер TiO₂. С помощью измерения ζ-потенциала была исследована устойчивость коллоидных суспензий исследуемых образцов TiO₂ и влияние на нее сорбции Am(III).

Выводы:

Замедление кинетики сорбции при высоком заполнении поверхности свидетельствует об участии пор в сорбции;

Изменение кристалличности образца TiO₂ после гидротермальной обработки повлекло за собой сдвиг зависимости сорбции Am(III) в область более высоких значений pH;

Величины максимальной сорбции Am(III) для образцов TiO₂ до и после гидротермальной обработки близки.

КРИСТАЛЛОХИМИЯ ПИРОХЛОРА С ВУЛКАНА КЕРИМАСИ, ТАНЗАНИЯ (КОНУС ЛОЛУНИ)

Гутенёва В.С., Золотарев А.А., Зайцев А.Н.

Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург

Пирохлор является наиболее распространенным и достаточно хорошо изученным редкометальным минералом пород карбонатитовой серии. Изученный образец был привезен с вулкана Керимаси, кратер Лолуни, Танзания.

Вулкан Керимаси расположен в Восточно-Африканской рифтовой долине и считается самым крупным карбонатитовым комплексом на данной территории. Это потухший вулкан, сложенный нефелиновыми пирокластическими породами, преимущественно карбонатитовыми туфами и агломератами. Керимаси имеет ассиметричный насыпной конус с хорошо сохранившимся кратером высотой около 0,8 км и диаметром примерно 8 км (Mariano, Roeder, 1983).

В конусе Лолуни пирохлор встречается в карбонатитах в виде зерен или идиоморфных кристаллов черного и коричневого цветов. Кристаллы преимущественно кубического и октаэдрического габитуса. Наличие кристаллических форм пирохлора свидетельствует о том, что в магматическом резервуаре существовали необходимые условия для развития граней кристалла. Это может быть признаком открытости системы, отсутствием процессов выщелачивания и метасоматоза.

Идеальная формула пирохлора $A_2B_2O_6(OH,F)$, где в позицию *A* входят большие катионы, такие как *Ca*, *Na*, *U*, а в позицию *B* – *Nb*, *Ti*, *Zr*, а так же *O*, *OH*-группа и *F*. (Hogarth, 1977)

Нами была посчитана формула пирохлора, по результатам химического анализа:

$(Ca_{1.06}Na_{0.62}U_{0.26}K_{0.01}Ce_{0.03}Sr_{0.01})_{\Sigma 1.99}(Nb_{1.43}Zr_{0.29}Ti_{0.22}Fe_{0.03}Mg_{0.01}Al_{0.01}Ta_{0.01})_{\Sigma 2}O_6(OH,F)_{\Sigma 1.34}$

По химическому составу пирохлор из конуса Лолуни характеризуется не только преобладанием катионов *Ca* и *Na* в позиции *A*, а так же отмечается повышенным содержанием *U* (до 19.3 мас.% UO_2). В позиции *B* повышенное содержание *Zr* (до 14.42 мас.% ZrO_2) и *Ti* (до 5.69 мас.% TiO_2) при практически полном отсутствии *Ta*.

Индицирование показало, что полученный дифракционный массив может быть проиндицирован в гранецентрированной кубической ячейке с параметром $a = 10.434(64)$ Å. Структуру пирохлора удалось решить в группе $Fd-3m$ и уточнить до $R1 = 0.0334$ по 58 независимым рефлексам. Структура состоит из октаэдров $(Nb,Ti)O_6$, соединенных между собой через вершины. Октаэдры формируют слои из 3- и 6-членных колец, параллельных плоскости $\{110\}$ с каналами в направлении $\langle 110 \rangle$, в которых размещены атомы *Ca*, *Na* и др. Исследования проводились на монокристалльном дифрактометре Stoe IPDS II с детектором типа Image Plate.

Можно сделать вывод, что в основном пирохлор обладает кубической сингонией с пр. гр. $Fd-3m$. Химический состав пирохлора вызывает интерес из-за повышенного содержания некоторых элементов в нем. Пирохлор с вулкана Керимаси можно считать первичномагматическим из-за однородности строения и хорошо выраженной зональности кристалла по сравнению с пирохлором из других месторождений.

Литература:

1. Mariano A.N., Roeder P.L., Kerimasi: a neglected carbonatite volcano. Journal of Geology, Vol. 91, 1983.
2. Hogarth D.D., Classification and nomenclature of the pyrochlore group. American Mineralogist, Vol. 62, pages 403-410, 1977.

БИОРЕЗОРБИРУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ДВОЙНЫХ ФОСФАТОВ КАЛЬЦИЯ И ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Евдокимов П.В., Путляев В.И.

119991, Россия, Москва, Ленинские горы д.1., стр. 3, Московский Государственный Университет имени М.В.Ломоносова, Химический факультет

Разработка биоматериалов, на основе фосфатов кальция для замены или лечения поврежденной костной ткани, является одним из важных направлений современного неорганического материаловедения. В настоящее время на первый план вышел так называемый регенерационный подход, в рамках которого акцент делается на замещение биоматериала нативной растущей костью, а материалу отводят роль активного источника необходимых для построения костной ткани элементов. Синтетический гидроксипатит кальция ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ – ГА), является одним из основных компонентов современных биоматериалов из-за своего структурного сходства с минеральной составляющей костной ткани, однако такие материалы имеют следующие недостатки: низкая скорость биорезорбции *in vivo*, слабое стимулирующее воздействие на рост новой костной ткани (остеоиндукция), низкая трещиностойкость и малая усталостная прочность в физиологических условиях.

Одним из известных способов повышения резорбируемости фосфатных биоматериалов является переход к химическому модифицированию ГА. Другой способ улучшения биологических характеристик материала заключается в переходе к материалам, содержащим более растворимые по сравнению с ГА фосфаты кальция, в частности, трикальциевый фосфат $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (ТКФ). Целью настоящей работы является получение материалов, предназначенных для замены костных тканей, обладающих повышенным уровнем резорбции по сравнению с ГА и ТКФ. В качестве таковых предложено использовать двойные фосфаты кальция и щелочных металлов общей формулой $\text{Ca}_{(3-x)}\text{M}_{2x}(\text{PO}_4)_2$ ($x=0\div 1$, $\text{M}=\text{Na}, \text{K}$) со структурой β -ТКФ ($x<0.15$), β - CaNaPO_4 и CaKPO_4 ($x=1$). Стратегия повышения резорбируемости, принятая в работе, основана на уменьшения энергии решетки вследствие замены катиона Ca^{2+} на крупный однозарядный катион щелочного металла; при этом по мере замещения происходит смена структурного типа β -ТКФ \rightarrow β - CaMPO_4 . В работе поставлены и решены следующие задачи: 1. Уточнение фазовых диаграмм систем $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - CaMPO_4 ; 2. Оценка условий синтеза двойных фосфатов кальция и натрия $\text{Ca}_{(3-x)}\text{Na}_{2x}(\text{PO}_4)_2$ с максимальным содержанием высокотемпературных фаз; 3. Получение керамических материалов на основе $\text{Ca}_{(3-x)}\text{M}_{2x}(\text{PO}_4)_2$ ($x=0\div 1$, $\text{M}=\text{Na}, \text{K}$).

Среди возможного ряда прекурсоров – солей щелочных металлов (карбонаты, сульфаты, нитраты, хлориды), выбраны карбонаты и хлориды для синтеза двойных фосфатов с помощью следующих твердофазных реакций:



Реакция (1) протекает в диапазоне 600-800°C, а реакция (2) в диапазоне 700-1000°C. Показано, что по мере замещения растворимость (резорбируемость) фаз в модельных средах возрастает, и фаза ренанита более растворима, чем β -ТКФ.

Полученные порошковые и компактные материалы были изучены с использованием следующих методов исследования: рентгенофазового анализа, высокотемпературного рентгенофазового анализа, электронной микроскопии, рентгеноспектрального микроанализа, термогравиметрии, дифференциального термического анализа, дилатометрии, ИК-спектроскопии, ионометрии растворов.

КОПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ МАНГАНИТОВ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ

Елисеев Артем Анатольевич, Васильев Александр Витальевич

*119991, г. Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В.Ломоносова,
Факультет наук о материалах*

Магнеторезистивные свойства манганитов со структурой перовскита состава $\text{La}_{1-x}\text{A}_x\text{MnO}_3$ (где А щелочной или щелочноземельный катион) в последнее время имеют значительный интерес для исследования. Относящийся к собственным, эффект колоссального магнетосопротивления (КМС) [1], наблюдается при достаточно больших (>1 Тл) магнитных полях вблизи температуры Кюри (T_c). Для поликристаллических образцов характерно проявление и несобственного эффекта, который меньше КМС, но проявляется в значительно более низких полях ($<0,2$ Тл) и при любых температурах ниже T_c [2]. Некоторые авторы пытались увеличить низкополевой эффект добавляя диэлектрические прослойки между частицами манганита для уменьшения обменного взаимодействия. При длительном отжиге таких композитов состав и свойства композитов сильно изменяется из-за химического взаимодействия фаз.

В настоящей работе стеклокерамический композит, содержащий манганит лантана-стронция и оксид марганца (Mn_3O_4) впервые получен методом непосредственной кристаллизации оксидного стекла, успешно использованным авторами ранее для синтеза магнитных стеклокерамических композитов на основе LSMO [3].

Для синтеза аморфных предшественников номинальных составов $x\text{La}_{0,67}\text{Sr}_{0,33}\text{MnO}_3 \cdot 0,33\text{Mn}_3\text{O}_4 \cdot 2\text{SrB}_2\text{O}_4$ ($x=1; 2; 3$) исходную механическую смесь оксидов марганца (III) и лантана (III), борной кислоты, карбоната стронция предварительно отжигали при температуре 800.С. Далее прекурсор спрессовывали в таблетки диаметром 1 см. Таблетки плавил с помощью плазменной дуговой горелки, либо с помощью высокотемпературной печи (если температура плавления смеси не превышала 1400°C). Расплав быстро закачивали во вращающиеся металлические валки. Полученные таким способом стеклообразные образцы подвергали термостатизации при температурах 800-950°C в течение 1 часа.

Рентгенофазовый анализ стеклокерамических образцов показал, что в них содержатся преимущественно три кристаллические фазы – $(\text{La},\text{Sr})\text{MnO}_3$, Mn_3O_4 , SrB_2O_4 . Так же для подтверждения наличия Mn_3O_4 в отожженных образцах были измерены зависимости магнитной восприимчивости от температуры в интервале от 18 до 100 К.

С использованием стандартного четырехконтактного метода была измерена зависимость сопротивления образца от приложенного магнитного поля при 10, 77, 290К. По полученным данным имеет место заметное изменение величины сопротивления уже при малых величинах магнитного поля, что характерно для туннельного эффекта магнетосопротивления. Для температур ниже 45 К (T_c Mn_3O_4) наблюдается гистерезис для зависимости сопротивления от приложенного магнитного поля, величина которого составляет до 1,6 % в полях до 150 Э, что позволяет применять подобные материалы в качестве функционального элемента MRAM. Гистерезис наблюдается в магнитных полях до 2000 Э, что может быть использовано в детекторах с памятью от воздействия сильных магнитных полей.

Литература:

1. О. Ю. Горбенко, А. А. Босак Сенсор №2, 2002, с 28-44.
2. Ziese, M., Rep. Prog. Phys., 2002, 65, 143–249.
3. S. E. Kushnir, A. V. Vasil'ev, D. D. Zaitsev, P. E. Kazin, Yu. D. Tret'yakov Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2008, Vol. 2, No. 1, pp. 34–36.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИСЛОРОДНОЙ НЕСТЕХИОМЕТРИИ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $\text{La}_{1-x}\text{K}_x\text{MnO}_{3+\delta}$

Захаркина Юлия Ивановна

119991, г. Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В.Ломоносова,
Факультет наук о материалах

Манганиты редкоземельных элементов с перовскитоподобной структурой представляют большой интерес в качестве материалов для электроники благодаря наблюдаемому в них эффекту колоссального магнетосопротивления. В данной работе исследуется влияние кислородной нестехиометрии на структуру и, как следствие, на магнитные свойства твердых растворов $\text{La}_{1-x}\text{K}_x\text{MnO}_{3+\delta}$. Синтез $\text{La}_{0.90}\text{K}_{0.10}\text{MnO}_{3+\delta}$ (твердый раствор №1) и $\text{La}_{0.85}\text{K}_{0.15}\text{MnO}_{3+\delta}$ (твердый раствор №2) проводили методом Печини (цитратный метод). Для создания отличающегося значения кислородной нестехиометрии полученные порошки подвергались фазообразующему отжигу при температурах 1200°C (4 часа), 1100°C (6 часов) или 1000°C (10 часов/30 часов) на воздухе. Образцы были исследованы методами рентгенофазового анализа, растровой электронной микроскопии, йодометрического титрования, термогравиметрии, а также на них были проведены магнитные измерения.

Часть образцов, отожженных при 1000°C (30 часов), подвергли дополнительному отжигу при 900°C (30 часов) на воздухе.

Рентгенофазовый анализ показал, что образцы однофазные, индицируются в соответствии со структурой $\text{La}_{0.83}\text{K}_{0.08}\text{MnO}_{2.89}$ (карточка ICDD PDF2 89-4735). Увеличение температуры отжига $\text{La}_{0.90}\text{K}_{0.10}\text{MnO}_{3+\delta}$ приводит к увеличению параметров элементарной ячейки, в то время как увеличение продолжительности отжига при одинаковой температуре (1000°C) уменьшает параметры ячейки. Дополнительный отжиг твердых растворов 1 и 2 при 900°C в течение 30 часов приводит к некоторому смещению рентгеновских рефлексов в сторону меньших углов, это говорит об увеличении параметра элементарной ячейки, что было подтверждено при помощи полнопрофильного уточнения параметров ячейки (программный пакет Jana 2006, задавали симметрию фаз R-3c).

Магнитные измерения показали, что увеличение содержания калия от $x = 0.10$ до $x = 0.15$ приводит к повышению температуры Кюри (T_c) более чем на 50K. T_c повышается при увеличении температуры отжига $\text{La}_{0.90}\text{K}_{0.10}\text{MnO}_{3+\delta}$ и уменьшении времени отжига. Дополнительный отжиг твердого раствора №1 при 900°C увеличивает T_c на 5K (от 276K до 281K), что говорит о влиянии кислородной нестехиометрии на магнитные свойства $\text{La}_{1-x}\text{K}_x\text{MnO}_{3+\delta}$.

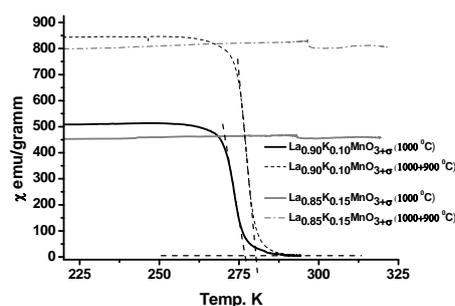


Рис. 1. Температурная зависимость магнитной восприимчивости образцов.

СИНТЕЗ ТЕКСТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ И МАГНИТНЫХ КОМПОЗИТНЫХ ЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ ГЕКСАФЕРРИТА СТРОНЦИЯ

Зуев Д.М., Кушнир С.Е.

*119991, г. Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В.Ломоносова,
Факультет наук о материалах*

Материалы на основе гексаферритов М-типа ($MFe_{12}O_{19}$, где $M = Sr, Ba, Pb$) используют в качестве постоянных магнитов. Кроме того, магнитные композитные частицы найдут в ближайшем будущем свое применение в адресной доставке лекарств, гипертермии, очистке ДНК и магниторезонансной томографии. Частицы гексаферрита имеют уникальный набор свойств: пластинчатая форма, одна ось легкого намагничивания и высокая магнитокристаллическая анизотропия, которые приводят к сонаправленности магнитного момента с кристаллографической осью c частицы. Следовательно, во внешнем магнитном поле такие частицы стремятся ориентироваться перпендикулярно полю. Поэтому, одним из способов получения структурированных материалов на основе гексаферрита стронция является ориентация частиц в магнитном поле с последующей фиксацией данных структур в полимерной матрице.

Синтез частиц гексаферрита стронция осуществляли стеклокерамическим методом. Для этого закалкой расплава получили стекло состава $14SrO-6Fe_2O_3-12B_2O_3$. Образцы стекла подвергали термической обработке при температурах $630^{\circ}C - 680^{\circ}C$. Коллоидные растворы $SrFe_{12}O_{19}$ (КРГС) получали путём обработки стеклокерамики в разбавленной уксусной кислоте. Далее часть полученного слабокислого коллоида переводили в слабощелочной коллоид с добавлением лимонной кислоты для стабилизации. Порошки наночастиц $SrFe_{12}O_{19}$ получали упариванием коллоидных растворов.

Наночастицы и КРГС исследовали методами РЭМ, ПЭМ, РФА, динамического светорассеяния и магнитометрии. Коэрцитивная сила наночастиц, выделенных из коллоидных растворов, достигала 3850 Э, намагниченность насыщения – 63 э.м.е./г., средний диаметр частиц – 71 нм, средняя толщина – 7 нм.

Полимеризацией пиррола в КРГС были синтезированы композитные частицы $SrFe_{12}O_{19}$ /полипиррол. Коэрцитивная сила композита достигала 3800 Э, намагниченность насыщения – 2,3 э.м.е./г. Исходя из данных магнитометрии и микрофотографий РЭМ, было рассчитано, что на одну частицу композита приходится ≈ 1 наночастица гексаферрита стронция.

Композитные магнитотвёрдые наночастицы с оболочкой из SiO_2 были получены гидролизом тетраэтоксиртосиликата в кислой и щелочной среде. Полученные композитные частицы характеризуются высокой остаточной намагниченностью (M_r) и перспективны для магнитной сепарации.

В результате выпаривания коллоидного раствора, содержащего пластинчатые частицы гексаферрита стронция и олигомеры стирола, в магнитном поле получили объемный текстурированный материал. При измерении магнитных свойств композита при направлении внешнего магнитного поля параллельно оси легкого намагничивания c гексаферрита, мы наблюдали увеличение прямоугольности петли гистерезиса. Отношение M_r/M_s достигало значения 0,9, что показывает высокую степень текстурирования наночастиц в композите. Доля частиц в композите составляет 4,2 %.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (10-03-00694 и 11-08-01256).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАЛЕНТНОГО СОСТОЯНИЯ МЕДИ, ВХОДЯЩЕЙ В СОСТАВ СОЕДИНЕНИЙ СО СТРУКТУРОЙ АПАТИТА

Зыкин М.А.

119991, Россия, Москва, Ленинские Горы, МГУ им. М.В. Ломоносова,

Одной из характерных особенностей соединений со структурой апатита является способность составляющих их ионов подвергаться различным реакциям замещения [1]. Гидроксид-ионы, расположенные в гексагональных каналах, также способны к замещению, и вместо них в структуру могут встраиваться, например, галогенид-, карбонат-, пероксид-, оксид-ионы [2] и даже ионы, содержащие медь [3]. Так, фосфат стронция со структурой апатита состава $Sr_5(PO_4)_3Cu_{0,1}OH_{0,9,8}$ обладает интенсивной окраской и находит применение в качестве неорганического пигмента. Тем не менее, вопрос об окислительном состоянии меди в составе данного соединения остается открытым.

Для исследования степени окисления меди в данных соединениях исходные образцы, полученные твердофазным методом, подвергали отжигам при различных температурах на воздухе, в токе аргона и токе кислорода, после чего исследовали их магнитные свойства и спектр рентгеновского поглощения.

Зависимость намагниченности образцов от величины магнитного поля, измеренная при температуре 3 К, свидетельствует о наличии в образцах парамагнитных центров со спином, равным 1, которым может соответствовать медь в степени окисления +3. При этом полная намагниченность образца говорит о том, что лишь часть меди находится в повышенной степени окисления, в то время как большей части меди соответствует степень окисления +1.

Данный вывод подтверждается и спектрами XANES, в которых можно выделить два пика поглощения, относимых к Cu (I) и Cu (III). При этом проведение отжига в токе кислорода способствует увеличению интенсивности пика, соответствующего Cu (III), тогда как проведение отжига в токе аргона влечет за собой практически полное исчезновение пика с одновременным увеличением интенсивности пика, соответствующего Cu (I).

Из проведенных исследований можно сделать вывод, что медь в рассматриваемых веществах, по-видимому, находится в виде смеси ионов, содержащих Cu (I) и Cu (III).

Литература:

1. T. White, C. Ferraris, J. Kim, S. Madhavi, *Reviews in Mineralogy & Geochemistry* 2005, **57**, 307.
2. J. Trombe, G. Montel, *J. Inorg. Nucl. Chem.* 1978, **40**, 15.
3. P. Kazin, A. Karpov, M. Jansen, J. Nuss, Yu. Tretyakov, *Z. Anorg. Allg. Chem.* 2003, **629**, 344.

СИНТЕЗ КОМПОЗИТОВ Pt/SnO₂/УНТ И ИЗУЧЕНИЕ ИХ СТРУКТУРЫ И КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Иваньшина Ольга Юрьевна, Панченко Светлана Петровна

119991, Москва, Ленинские горы 1, стр. 3, химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова.

Платиновые катализаторы на основе углеродных носителей (сажи, углеродных волокон и нанотрубок) используются в электрокатализе, в частности при создании низкотемпературных топливных элементов (ТЭ). Важной задачей для широкого распространения ТЭ является увеличение срока службы катализаторов. В работах [1,2] углеродные нанотрубки (УНТ) модифицировали диоксидом олова, что привело к увеличению коррозионной устойчивости катализаторов в процессе восстановления кислорода в водородно-воздушном ТЭ [1] и каталитической активности в процессе окисления этанола в этанольном ТЭ [2]. Улучшение свойств катализаторов для низкотемпературных ТЭ при введении в систему Pt/УНТ оксида металла многие авторы объясняют увеличением толерантности катализатора к отравлению СО. Это связывают с возможностью окисления СО по следующей схеме:



Целью работы является получение композитов Pt/SnO₂/УНТ с заданными составом и структурой. Полученные материалы исследовались в качестве катализаторов реакций окисления метанола и восстановления кислорода, протекающих в метанольном ТЭ.

Для покрытия оксидом олова конические многостенные УНТ пропитывались раствором SnCl₄ в CCl₄ с последующим гидролизом в NH₃·H₂O. Платину наносили по методике, описанной в работе [3]: осаждением из раствора H₂PtCl₆ при добавлении восстановителя (NaBH₄) в присутствии УНТ или SnO₂/УНТ. Полученные образцы исследовались методами рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), электронной микроскопии, рентгенофазового анализа (РФА) и термогравиметрического анализа (ТГА).

В настоящей работе были синтезированы композиты Pt/SnO₂/УНТ с различными концентрациями диоксида олова в диапазоне 10-25 масс %, и постоянной концентрацией платины 20±3 масс %. Термическая обработка образцов SnO₂/УНТ приводит к увеличению степени кристалличности, образуются частицы SnO₂ размером 5-15 нм. Показано, что размер частиц платины не зависит от природы носителя. При использовании в качестве носителя как УНТ, так и SnO₂/УНТ средний размер частиц Pt составляет 4-5 нм. По данным РФЭС: а) при нанесении платины происходит частичное восстановление Sn(IV) до Sn(II); платина в образцах Pt/SnO₂/УНТ может располагаться как на проводящих УНТ, так и на малопроводящем диоксиде олова.

Измерения каталитической активности полученных материалов проводились методом вольтамперометрии. Добавление в катализаторы диоксида олова, как отожжённого, так и неотожжённого, привело к увеличению их каталитической активности в реакции окисления метанола.

Литература:

1. Ch. Du, M. Chen, X. Cao, G. Yin, P. Shi, *Electrochemistry Communications* 2009, **11**, 49.
2. R. Hsu, D. Higgins, Zh. Chen, *Nanotechnology* 2010, **21**, 165705.
3. О.Ю. Иваньшина, М.Е. Тамм, Е.В. Герасимова, М.П. Кочугаева, М.Н. Кирикова, С.В. Савилов, Л.В. Яшина, *Журн. Неорганические Материалы* 2011, **47**, 6, 694.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЛОИДНЫХ НАНОКРИСТАЛЛОВ ОКСИДА ИНДИЯ, ЛЕГИРОВАННОГО ОЛОВОМ

Ирхина Анастасия Александровна

119991, г. Москва, Ленинские горы, МГУ, Факультет наук о материалах

Широкое применение полупроводниковых материалов в современной технике напрямую связано с возможностью контроля концентрации носителей заряда, создания р- и n-типов проводимости. Основным подходом является легирование полупроводников гетеровалентной примесью. Данный метод широко применяется в случае объёмных полупроводниковых систем. В настоящее время значительный интерес привлекают полупроводниковые нанокристаллы вследствие размерно-зависимых электронных свойств. Заметное изменение концентрации носителей заряда в нанокристаллах может быть достигнуто путём фотовозбуждения, однако такие носители заряда являются неравновесными. На сегодняшний день практически не изучены нанокристаллы n-типа, методы получения таких нанокристаллов и их свойства, хотя подобные объекты могут представлять существенный интерес для создания различных оптоэлектронных устройств. Оксид индия, легированный оловом (ITO - indium tin oxide), является широкозонным полупроводником n-типа с высокой концентрацией и подвижностью носителей заряда. Характерной особенностью объёмного материала является уникальное сочетание низкого удельного сопротивления и высокого оптического пропускания в видимой области спектра, что позволяет использовать его в различных электронных устройствах.

Цель данной работы – разработка методики получения коллоидных нанокристаллов оксида индия, легированного оловом, в неполярном растворителе, исследование оптических свойств нанокристаллов, получение и исследование проводящих плёнок на основе полученных образцов.

Синтез нанокристаллов проводился методом быстрой инъекции додеканола при 270°C в раствор мирилата In и мирилата Sn (IV) / Sn (II) в неполярном растворителе при постоянном токе аргона. Отжиг образцов после инъектирования прекурсора проводился в течение 1 часа. Полученные нанокристаллы охарактеризованы методами просвечивающей электронной микроскопии, оптической спектроскопии поглощения, РФА, электронной дифракции и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

Получены хорошо закристаллизованные коллоидные нанокристаллы ITO с различным содержанием легирующей примеси олова (II) (10, 20, 25 ат.%) и олова (IV) (5, 10, 20 ат.%). Методом оптической спектроскопии показано наличие интенсивного пика поглощения в ближней ИК-области, что можно объяснить локальным плазмонным резонансом. Определены плазмонные частоты для полученных наночастиц. Показано окисление нанокристаллов, полученных введением двухвалентного олова в качестве допирующей примеси. Установлен гипсохромный сдвиг полосы собственного поглощения полученных нанокристаллов в УФ-области с повышением доли легирующей примеси, что свидетельствует об увеличении ширины запрещенной зоны. Морфология наночастиц определена по данным ПЭМ, рассчитан средний размер нанокристаллов. Полученные наночастицы хорошо закристаллизованы, наблюдается агломерация частиц. Для получения проводящих плёнок на основе полученных нанокристаллов проведена замена длинноцепочечной миристиновой кислоты на пиридин. Проведено исследование зависимости проводимости полученных плотноупакованных пленок от температуры. Рассчитано количество свободных носителей заряда, приходящихся на один нанокристалл.

КРИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ КАРБОКСИЛАТОВ ЕВРОПИЯ И ТЕРБИЯ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Калякина А.С., Шуваев С.В.

119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ им. М. В. Ломоносова, д.1, стр. 7,
Лабораторный корпус «Б», ФНМ

Люминесцирующие координационные соединения (КС) европия и тербия находят применение в современных сенсорных материалах. В последнее время появился интерес к таким соединениям, обладающим температурным эффектом люминесценции в интервале от 0 до 70°C (например, [1,2]). Эффект криолюминесценции, заключающийся в увеличении интенсивности люминесценции при понижении температуры от комнатной до -50°C, практически не изучен, но он может найти применение в качестве защитных люминофорных меток.

В настоящее время такой эффект был обнаружен для карбоксилата Tb(hqa)₃, (Hhqa = 2-оксихинолин-4-карбоновая кислота) [3]. Однако детальное исследование природы этого эффекта и определение путей направленного синтеза соединений, обладающих таким эффектом, пока не проводились.

Целью данной работы является поиск новых соединений, обладающих криолюминесценцией, среди ароматических карбоксилатов тербия и европия. В основу дизайна таких соединений положен прием разнолигандного комплексообразования как с нейтральными (Q), так и с анионными лигандами. При этом выбор лигандов проводится таким образом, чтобы при комнатной температуре они тушили люминесценцию основного карбоксилата, а при понижении температуры их негативная роль нивелировалась.

В работе синтезированы разнолигандные комплексы двух типов: (I) Ln(carb)₃(Q) и (II) Ln(carb)_{3-x}(carb')_x, Ln = Eu, Tb. Ароматические карбоновые кислоты (Hcarb) выбирали с учетом значений энергии триплетных уровней и интенсивности люминесценции соответствующих карбоксилатов европия и тербия. В работе были использованы следующие карбоновые кислоты: орто- (Hsal), мета- (Hmbz), оксibenзойная, бензойная (Hbz), феноксибензойная (Hprobz), 2-нафтойная (Hnaf), коричная (HCA) и терефталевая (H₂tph). В качестве лигандов-тушителей были использованы фенантролин (Phen) и анионы карбоновых кислот с алкильными заместителями (валериановая, октановая кислоты). Среди массива синтезированных разнолигандных комплексов наиболее яркое проявление криоэффекта люминесценции было обнаружено в комплексах состава Tb(carb)₃(Phen) (Hcarb = Hsal, Hmbz). Для комплексов типа II на примере соединения европия показана принципиальная возможность получения данного эффекта. Рассмотрены фотофизические основы проявления эффекта криолюминесценции в координационных соединениях европия и тербия.

Литература:

1. Carlos D.S. Brites, Patricia P. Lima et.al. *New J. Chem*, 2011.
2. Jiangbo Yu, Lining Sun, *J. Mater. Chem.*, 2010, **20**, 6975–6981.
3. Potrawa T., Schulz J., patent WO 03/053980 A1 (03.07.2003).

НАНОСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ЦИНКА И ГРАФЕНА/ОКСИДА ГРАФЕНА

Капитанова О.О.^а, Баранов А.Н.^б, Панин Г.Н.^в

^{а,б} г. Москва, Ленинские Горы 1-3, Химический факультет, 119992

^в г. Сеул, Университет Донггук, 3га 26, Pil-dong Jung-gu, 100715

Оксид цинка является полупроводником с широкой запрещенной зоной (3.3 эВ) и высокой энергией связи экситона (60 мэВ), что важно для светоизлучающих устройств с высокоэффективной экситонной рекомбинацией в УФ и видимом диапазоне. Графен обладает высокой электрической проводимостью ($5 \cdot 10^5$ См/см) и высоким коэффициентом пропускания света в широком диапазоне УФ-видимого спектра (98% для монослоя) и может использоваться как прозрачный электрод в электрооптических структурах на основе ZnO. Оксид графена является также слоевым, прозрачным материалом, с явно выраженными полупроводниковыми свойствами, который можно рассматривать как новый перспективный материал для оптоэлектроники. Оксид графена представляет собой функционализированный графен, с кислородными группами, которые могут быть подвижными. Благодаря мобильности кислородных групп в оксиде графена наблюдаются эффекты резистивного переключения. Возрастающий интерес к мемристорам связан с тем, что их работа является энергонезависимой, то есть текущее состояние памяти в этом устройстве сохраняется при отключении питания и полностью восстанавливается при включении прибора. Идея резистивной памяти состоит в том, что можно переключить полупроводник из состояния с высоким сопротивлением в состояние с низким сопротивлением и обратно за счет перестройки структуры (миграции подвижных ионов, а не заряда).

Цель настоящей работы – создание наноструктур на основе ZnO и углеродных материалов (графен и оксид графена) и изучение их структурных и электронных свойств. В ходе данной работы был синтезирован оксид графена, который затем был обработан в восстановительной среде для контроля его проводимости. Методами ПЭМ, АСМ и КР-спектроскопии было показано, что полученные образцы оксида графена имеют слоистую структуру, в среднем толщиной 1,5 нм и площадью ~ 20 мкм². Для измерения транспортных характеристик образцов была изготовлена планарная структура оксида графена на подложке Si/SiO₂ с предварительно нанесенными алюминиевыми контактами. При исследовании вольтамперных характеристик был обнаружен эффект переключения структуры из высокоомного в низкоомное состояние [1]. Значение тока при резистивном переключении изменялось на 3 порядка. Для изучения механизма переключения в исследуемой структуре были проведены измерения *in situ* в растровом электронном микроскопе в режиме наведенного тока, которые показали локализацию переключения. Методом химического осаждения из растворов был проведен рост массивов наностержней ZnO с контролируемой морфологией по заданному шаблону на подложке с использованием фотолитографии. Было установлено, что при УФ-облучении структуры ZnO/графен ее электросопротивление растет, что свидетельствует о фотокаталитическом окислении оксидом цинка графеновой подложки. Вольтамперная характеристика этой структуры демонстрировала эффект резистивного переключения.

Литература:

[1]. Panin G.N., Kapitanova O.O., Lee S.W., Baranov A.N., Kang T.W. Resistive Switching in Al/Graphene Oxide/Al Structure. *Japanese Journal of Applied Physics*. 2011;50(7):070110.

**ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ
СВЕРХПРОВОДНИКОВ ГОМОЛОГИЧЕСКОГО РЯДА
 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n+4}$ ($n = 2, 3$)**

Кладова А.В., Харченко А.В.

119991, Москва, Ленинские горы 1, стр. 3, химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

Важный класс систем сложных оксидов – это высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП) [1]. Изучение ВТСП – перспективное направление для создания новых материалов, так как в наше время они находят практическое применение во многих областях науки и повседневной жизни: медицина, микроэлектроника, энергетика, системы накопления и передачи энергии, физика, транспорт и т.д. Также явление сверхпроводимости используется в вычислительной технике, для экранирования магнитного излучения, в магнитно-резонансных томографах и др.

В работе в качестве объектов изучения выбраны системы сложных оксидов висмутовых высокотемпературных сверхпроводников гомологического ряда $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n+4}$ ($n = 2, 3$) [2-3]. Для получения нужных фаз системы Bi-Sr-Ca-Cu-O требуется точно знать содержание каждого элемента в исходных веществах. Для этого применяли количественный элементный анализ, который проводили методами титриметрии и гравиметрии.

Для ускорения протекания реакции получения сложного оксида многокомпонентная смесь должна иметь однородную структуру [4], чтобы добиться этого использовали следующие методы синтеза: из механической смеси оксидов и карбонатов, Печини [5], «бумажный» из нитратов и ацетатов. Для изучения систем сложных оксидов применяли метод рентгенофазового анализа [6].

В работе были опробованы методы получения сложных оксидов на примере двух гомологов фаз висмутовых сверхпроводников: $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ и $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$. Все полученные образцы – это многофазные системы, содержащие фазу $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$. Наилучшие результаты были достигнуты методом Печини. Получение фазы $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$ представляет собой более сложную задачу ввиду ее меньшей устойчивости.

Выполнены эксперименты по получению текстурированных лент сверхпроводников на протяженных металлических подложках. Для этого суспензия готовой фазы $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ была нанесена на поверхность ленты. Далее лента помещалась в печь нагретую до 1000°C на 15 секунд. Данные рентгенофазового анализа показали образование текстурированной фазы $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+\delta}$.

Дальнейшая работа будет направлена на поиск оптимальных условий отжига. Будет проведена работа по введению легирующих добавок, таких как серебро, свинец.

Литература:

1. Гинзбург В.Л., Андрушин Е.А. Сверхпроводимость. М.:Альфа-М. 2006. Гл.1. С.22.
2. Maeda H. Tanaka Y. Fukutumi M. Asano T. // Jpn. J. Appl. Phys. 1988. P.2009.
3. Плакида Н.М. Высокотемпературные сверхпроводники // М.: Международная программа образования. 1996. С.288.
4. Можаяв А.П., Першин В.И., Шабитин В.П. // Журн. Всес. Хим. Общ. им. Д.И.Менделеева. 1989. Т.34. Вып.4. С.504.
5. Филиппов Е.А., Палков А.С., Кокорин И. И. // Радиохимия. 1980. Т.22. № 3.С.305.
6. Пушаровский Д.Ю. Рентгенография минералов. М.: Геоинформмарк. 2000. С.8.

ОСАЖДЕНИЕ ГИДРОКСИАПАТИТА ИЗ 5×SBF НА ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВЫХ ОБРАЗЦОВ

Климашина Е.С., Гаршев А.В., Путляев В.И.

*119991, г. Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В.Ломоносова,
Факультет наук о материалах*

Важной научной задачей биоматериаловеда является априорная оценка физико-химических характеристик биоматериалов. Это позволит отобрать наиболее удачные образцы, не прибегая к экспериментам *in vivo* на начальном этапе, а также ранжировать материалы по определенным характеристикам [1].

В качестве модельной среды в испытаниях на биоактивность последнее время широко используется SBF-раствор (англ. synthetic body fluid) при 37 °С и pH близким к физиологическим. Этот раствор идентичен по своему химическому составу (концентрации ионов) человеческой межтканевой жидкости (плазме крови). Используя искусственную межтканевую жидкость можно получать гидроксиапатитовые покрытия на различных поверхностях (биоактивных, металлических и инертных материалов). Такой процесс идет довольно медленно (от нескольких недель до месяцев, и в зависимости от нужной толщины покрытия, концентрации солей в исходном растворе). Поэтому для увеличения скорости осаждения используют SBF растворы с увеличенной концентрацией ионов кальция и фосфат-ионов (так называемые 5×SBF, 10×SBF и др., в зависимости от того, во сколько раз увеличили концентрацию ионов), а также модифицирование поверхности имплантата [2].

Цель работы: получение ГА биоактивных покрытий на Ti, применяемом для дентальной имплантологии.

Основной задачей работы было изучение морфологии поверхности титановых заготовок¹, степени осаждения карбонатгидроксиапатита из 5×SBF на Ti с различной морфологией поверхности и определение влияния топографии поверхности на кинетику осаждения ГА.

В качестве характеристик рассматривали скорость осаждения слоя гидроксилатапатита на поверхность Ti материала и его сплошность. Материалы с более развитой поверхностью (шероховатые) проявляют наиболее высокую поверхностную активность, активно участвуя в процессе минерализации интерфейса, в отличие от материалов с полированной (гладкой) поверхностью. В случае минерализации наблюдалось образование слоя ГА на поверхности Ti.

В ходе систематического анализа указанного ряда материалов было показано, что на поверхности Ti заготовок с различной топографией с разной скоростью происходит осаждение вновь образованного карбонатгидроксиапатита. Модельные растворы могут использоваться для получения сплошных изолирующих биоактивных покрытий на поверхности Ti материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты 09-03-01078-а, 11-03-12179-офи-м-2011, в рамках заявки 12-08-00681-а.

Литература:

1. M. Bohner, J. Lemaire, *Biomaterials*, 2009, **30**, 2175–2179.
2. T. Kokubo, H. Takadama, *Biomaterials*, 2006, **27**, 2907–2915.

¹ Авторы выражают признательность сотрудникам Московского Государственного Медико-Стоматологического Университета студ. Юдину Д.К. и к.м.н., асс. Воложину Г.А. за предоставленные образцы Ti.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВОЙСТВА ФАЗ $\text{Pr}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-\delta}$

Колчина Людмила Михайловна

119991, Москва, Ленинские горы 1, стр. 3, химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

В настоящее время твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) можно отнести к наиболее перспективным источникам электрической энергии благодаря их высокой эффективности и экологической безопасности. В качестве катодных материалов таких элементов интенсивно исследуются сложные оксиды на основе купратов и никелатов редкоземельных металлов с перовскитоподобной структурой, обладающие смешанной (электронной и кислород-ионной) проводимостью. Среди купратов редкоземельных элементов наибольшей проводимостью обладает купрат празеодима, что делает его интересным для изучения в качестве катодного материала. Однако по оценкам [1] кислород-ионная составляющая проводимости Pr_2CuO_4 низка, но замещение празеодима на стронций может привести к образованию кислородных вакансий в кислородной подрешетке и увеличению кислород-ионной проводимости.

Целью данной работы является синтез фаз состава $\text{Pr}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-\delta}$ ($0 \leq x \leq 1,3$), а так же исследование их высокотемпературных свойств.

В ходе работы твердофазным методом были получены купраты состава $\text{Pr}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-\delta}$ ($x = 0; 0,3; 0,4; 1; 1,3$). Установлено, что при 1000°C структурой T' обладает только состав Pr_2CuO_4 ; при $0,3 \leq x \leq 0,4$ кристаллизуются фазы $\text{Pr}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-\delta}$ со структурой T^* и при $1 \leq x \leq 1,3$ фазы со структурой T . Методом йодометрического титрования определено содержание кислорода в полученных образцах. Методом дилатометрии определены коэффициенты термического расширения для всех синтезированных образцов. Методом термического анализа исследовано поведение образцов при нагревании на воздухе в температурном интервале $25-1100^\circ\text{C}$. Для всех полученных образцов не наблюдалось фазовых переходов первого рода во всем исследуемом интервале температур. При температуре выше 450°C для купратов празеодима-стронция наблюдалось уменьшение массы $\sim 1\%$, связанное с уменьшением содержания кислорода в образцах за счет образования кислородных вакансий в кислородной подрешетке. Четырехконтактным методом измерена зависимость удельной электропроводности от температуры на воздухе в интервале температур $30-950^\circ\text{C}$. Установлено, что электропроводность образцов растет во всем исследуемом интервале температур. В области низких температур (до 450°C) купраты $\text{Pr}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-\delta}$ имеют более высокие значения электропроводности, чем Pr_2CuO_4 , при этом наибольшую электропроводность имеет состав $\text{PrSrCuO}_{4-\delta}$.

Литература:

1. Kaluzhskikh M.S., Kazakov S.M., Mazo G.N., Istomin S.Ya., Antipov E.V., Gippius A.A., Fedotov Yu., Bredikhin S.L., Liu Yi, Svensson G., Shen Z. J. Solid State Chem. 2011, 184, 698-704.

ВЫСОКОСТАБИЛЬНЫЙ СЕНСОР НА ПЕРОКСИД ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ БЕРЛИНСКОЙ ЛАЗУРИ И ГЕКСАЦИАНОФЕРАТА НИКЕЛЯ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ПРИ ПОТЕНЦИАЛЕ РАЗОМКНУТОЙ ЦЕПИ

Комкова М.А.^{1,2}, Борисова А.В.¹

¹Лаборатория электрохимических методов, Химический факультет, ²Факультет наук о материалах, Московский государственный факультет им. М.В. Ломоносова

Современная медицина уделяет большое значение проблеме окислительного стресса, рассматривая его как один из основных факторов риска развития патологических осложнений при таких заболеваниях, как диабет, атеросклероз, нарушение функции почек и рак [1]. Самым чувствительным маркером окислительного стресса считается пероксид водорода.

Научная группа профессора Карякина А.А. [2] впервые продемонстрировала, что использование наноразмерных пленок электрохимически осажденной Берлинской лазури (БЛ) позволяет создать высокоэффективный электрокатализатор восстановления пероксида водорода при низких потенциалах (около 0 В). Однако драматическим недостатком БЛ является ее механическая и операционная нестабильность.

В настоящей работе представлена методика синтеза берлинской лазури и стабилизации ее гексацианоферратом никеля при потенциале разомкнутой цепи, что также позволяет использовать ее для массового производства сенсоров. В качестве основы сенсоров использованы трехэлектродные планарные структуры, изготовленные по методу трафаретной печати (screen-printed).

Для стабилизации сенсоров на основе берлинской лазури было предложено послойное осаждение на электрод сначала БЛ, а затем – буферного слоя $K_x[Ni_yFe^{II}(CN)_6]$ (электрокатализатора, аналогичного по строению берлинской лазури и обладающего высокой механической стабильностью). Варьируя соотношение концентраций прекурсоров, можно селективно получать как только бедную калием форму гексацианоферрата никеля, так и только богатую и смешанную формы. На основе данных о чувствительности и стабильности электродов, модифицированных гексацианоферратами никеля различных составов, в качестве стабилизирующего покрытия выбрана смешанная форма, содержащая $K[Ni_{1.5}Fe^{II}(CN)_6]$ и $K_2[NiFe^{II}(CN)_6]$. Помимо состава буферного слоя оптимизировалась толщина электрокаталитического покрытия, что позволило добиться максимальной чувствительности и воспроизводимости сенсоров. Для повышения чувствительности датчиков на поверхность первой пары каталитического и буферного слоев осаждали еще один слой БЛ/ $K_x[Ni_yFe^{II}(CN)_6]$.

Разработанный датчик обладает следующими аналитическими характеристиками: линейный диапазон определяемых концентраций пероксида водорода в проточно-инжекционном режиме $1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-3} M$, чувствительность – $0.3 A/M \cdot cm^2$, абсолютная стабильность при амперометрическом детектировании в 1 мМ растворе пероксида водорода наблюдается минимум в течение одного часа. Показано, что на участке инактивации сенсора k_{in} составляет $7 \cdot 10^{-4} \text{ мин}^{-1}$, что на два порядка величины ниже, чем для датчика на основе нестабилизированной БЛ ($6 \cdot 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$).

Литература:

[1] Halliwell B., Clement M. V., Longa L. H. FEBS Letters 2000, 486, 10.

[2] Karyakin A.A., Puganova E.A., Bolshakov I.A., Karyakina E.E. Angewandte Chemie 2007, 46, 7678.

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ ОРТОФОСФАТОВ Sc, Y И La, ДОПИРОВАННЫХ Gd И Bi.

Крицкая Анна Павловна, Ильин Дмитрий Валерьевич

119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3, ГСП-1, МГУ, химический факультет

Фосфаты скандия, иттрия и лантана представляют значительный интерес в качестве матриц катодолюминофоров благодаря своей прозрачности в видимом и ближнем УФ диапазоне, а также высокой тугоплавкости и химической устойчивости.

Гадолиний редко привлекает внимание исследователей люминесценции РЗЭ, так как его люминесцентные переходы неактивны или лежат вне видимого диапазона, тем не менее в связи с поиском катодолюминофора, излучающего в УФ диапазоне, интерес к нему стал проявляться, так как одна из полос его излучения лежит около длины волны 290 нм. Катион висмута также обладает люминесцентными полосами, лежащими в УФ области, а также ионным радиусом и координационным числом, схожими с таковыми для некоторых РЗЭ.

В ходе настоящей работы предполагалось изучить возможность частичного замещения катионов скандия, иттрия и лантана в соответствующих фосфатах на катионы гадолиния и висмута в аналогичных степенях окисления.

Синтез исследуемых образцов проводили твердофазным методом из оксидов металлов и однозамещенного ортофосфата аммония на воздухе при температуре 900°C в течение 48 часов.

Полученные поликристаллические образцы исследовали методом рентгенофазового анализа. Все образцы состава $Sc_{1-x}M^{III}_xPO_4$ ($x = 0,1; 0,2; 0,3$) неоднородны и состояли из смеси соответствующих ортофосфатов, причем, исходя из анализа положения дифракционных линий, можно сделать вывод, что образование твердых растворов не протекало вообще. Образцы состава $Y_{1-x}M^{III}_xPO_4$ ($x = 0,1; 0,2; 0,3$) также оказались неоднородными, однако на всех дифрактограммах наблюдалось заметное систематическое смещение линий ортофосфата иттрия в сторону больших межплоскостных расстояний, в то время, как линии ортофосфатов гадолиния и висмута смещались в сторону меньших межплоскостных расстояний, что свидетельствовало об образовании твердых растворов как на их основе, так и на основе фосфата иттрия. В случае образцов на основе фосфата лантана $La_{1-x}M^{III}_xPO_4$ ($x = 0,1; 0,2; 0,3$) удалось получить однофазные твердые растворы составов $La_{0,9}Gd_{0,1}PO_4$, $La_{0,9}Bi_{0,1}PO_4$ и $La_{0,8}Bi_{0,2}PO_4$. Для всех однофазных образцов были рассчитаны параметры элементарных ячеек.

Были получены спектры испускания образцов $La_{0,9}Bi_{0,1}PO_4$, $La_{0,9}Gd_{0,1}PO_4$ и $Y_{0,9}Gd_{0,1}PO_4$ при возбуждении электронным пучком с энергией 20 кэВ и ксеноновой лампой с длиной волны 200 нм. Установлено, что при возбуждении электронным пучком наблюдается существенная катодолюминесценция в УФ области всех образцов, включая неоднородный образец $Y_{0,9}Gd_{0,1}PO_4$, однако интенсивность его катодолюминесценции была вчетверо ниже, чем у однофазного лантанового аналога. Люминесценции в УФ диапазоне при возбуждении ксеноновой лампой не наблюдалось вообще ни на одном из полученных образцов.

Все образцы, люминесцентные свойства которых исследовались в ходе работы, также изучали методами сканирующей электронной микроскопии.

ВЛИЯНИЕ УПОРЯДОЧЕННОСТИ СТРУКТУРЫ АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ НА ЗАПОЛНЕНИЕ КАНАЛОВ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФАЗОЙ

Кузнецов Илья Игоревич

119991, Россия, Москва, Ленинские горы, д.1 корп.3, Химический факультет МГУ

В настоящее время анодный оксид алюминия является основой для создания большого круга наноматериалов и высокотехнологичных устройств. Примером могут служить работы, посвященные синтезу нанонитей и нанотрубок, созданию мембран, катализаторов, сенсоров. Следует отметить, что степень упорядоченности используемых матриц, а следовательно и материалов на их основе, существенно влияет на функциональные свойства нанокомпозитов, а в некоторых случаях критична для возникновения этих свойств.

В литературе имеются сведения о том, что упорядочение пористой структуры протекает по механизму «death and re-birth» - остановка роста одной поры и раздвигание соседней [1]. Данный процесс сопровождается образованием большого количества тупиковых каналов, которые могут негативно влиять на процессы транспорта жидкости или газа через пористую оксидную пленку.

Целью настоящей работы является изучение влияния упорядоченности пористого оксида алюминия на равномерность и полноту его заполнения при электрохимическом осаждении металлов.

Изучение влияния упорядоченности оксидной матрицы на равномерность и полноту ее заполнения проводили на примере потенциостатического осаждения никеля в пленки, полученные методом одно- и двухстадийного анодирования. Выход по току для используемых условий электрокристаллизации (состав электролита: 0,6M NiSO₄ + 0,1M NiCl₂ + 0,3M H₃BO₃, потенциал осаждения -0,9 В отн. Ag/AgCl_{нас.} электрода сравнения), определенный по данным масс-спектрометрии, составил 85 ± 1 %.

В ходе выполнения работы установлено, что основными параметрами, влияющими на заполнение пористого темплата металлом, являются продолжительность первой стадии и толщина пленки. Так, при увеличении продолжительности первой стадии анодирования с 3 до 6 часов процент заполнения для пленок одинаковой толщины увеличивается с 69 ± 4 % до 83 ± 1 %, соответственно. При увеличении же толщины пленок процент заполнения снижается. Так, для образцов, полученных методом одностадийного анодирования с толщиной 35 и 75 микрон, он составляет 83 ± 1 % и 64 ± 2 %, соответственно. Уменьшение полноты заполнения оксидной матрицы металлом при увеличении толщины и уменьшении упорядоченности последней может быть связано как с увеличением количества ветвящихся и тупиковых пор в результате самоорганизации, так и с большей вероятностью блокирования каналов выделяющимся газообразным водородом в процессе электрокристаллизации металла.

Литература:

1. K.S. Napolskii, I.V. Roslyakov, A.A. Eliseev et. al., The Kinetics and Mechanism of Long-Range Pores Ordering in Anodic Films on Aluminum // J. Phys. Chem. C, 2011, в печати.

ПОИСК СЕЛЕНИТ-ГАЛОГЕНИДОВ КАЛЬЦИЯ, СТРОНЦИЯ И СВИНЦА

Кузнецова Елена Сергеевна

119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3, ГСП-1, МГУ, химический факультет

Установление взаимосвязи между химическим составом, строением и проявляемыми физическими свойствами представляет одну из главных проблем современной химии и неорганической химии в частности. Известно, что наличие в структуре ионов с неподеленной электронной парой (Sn^{2+} , Pb^{2+} , Sb^{3+} , Bi^{3+} , Se^{4+} , Te^{4+} и др.) может обуславливать некоторые структурные особенности, которые могут приводить к проявлению такими веществами тех или иных физических свойств. Такие группировки, как SeO_3^{2-} , могут повышать вероятность образования ацентричных структур в целом. Отсутствие центра симметрии является необходимым условием возникновения у вещества пиро-, пьезо-, сегнетоэлектрических или нелинейнооптических свойств.

Целью нашей работы является поиск фаз состава $\text{M}_3(\text{SeO}_3)_2\text{X}_2$ (X = галоген) и установление их рентгенографических характеристик. В качестве ионов M нами были выбраны Ca^{2+} и сочетания ионов Sr^{2+} и Pb^{2+} или Ca^{2+} и Pb^{2+} , так как в литературе имелось упоминание соединений состава $\text{M}_3(\text{SeO}_3)_2\text{Cl}_2$ со стронцием [1, 2].

Путем твердофазного синтеза из смесей CaSeO_3 и CaCl_2 , CaSeO_3 и PbX_2 , SrSeO_3 и PbX_2 (X = Cl, Br, I) в вакуумированных кварцевых ампулах при температуре 550-600°C нами были получены фазы $\text{Ca}_3(\text{SeO}_3)_2\text{Cl}_2$ и $\text{Sr}_2\text{Pb}(\text{SeO}_3)_2\text{Cl}_2$. Рентгенограмма образца состава $\text{Ca}_3(\text{SeO}_3)_2\text{Cl}_2$ была проиндиферирована нами предположении моноклинной симметрии элементарной ячейки (пр. гр. $\text{C}2/m$) с параметрами $a=12.481(4)$ Å, $b=5.382(2)$ Å, $c=6.482(2)$ Å, $\beta=97.06(2)^\circ$. Рентгенограмма $\text{Sr}_2\text{Pb}(\text{SeO}_3)_2\text{Cl}_2$ была проиндиферирована с параметрами моноклинной элементарной ячейки (пр. гр. $\text{C}2/m$) $a=13.269(3)$ Å, $b=5.5464(10)$ Å, $c=6.5603(17)$ Å, $\beta=94.834(14)^\circ$. Показано, что иодиды состава $\text{M}_2\text{Pb}(\text{SeO}_3)_2\text{I}_2$ (M = Ca, Sr) не образуются, а идет реакция окисления-восстановления.

Методом Ритвельда получена модель кристаллической структуры $\text{Ca}_3(\text{SeO}_3)_2\text{Cl}_2$.

ГВГ тестирование фаз $\text{Ca}_2\text{Pb}(\text{SeO}_3)_2\text{Cl}_2$ и $\text{Sr}_2\text{Pb}(\text{SeO}_3)_2\text{Cl}_2$ подтвердило образование центросимметричной структуры.

В настоящий момент нами ведется поиск фаз подобной структуры с ионами d-металлов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект 09-03-00799-а.

Литература:

1. Berdonosov P.S., Olenev A.V., Kuznetsov, Dolgikh V.A. // J. Solid State Chem. – 2009. №182. – P.77-82.
2. Berdonosov P.S., Olenev A.V., Dolgikh V.A. Strontium-copper selenite-chlorides: Synthesis and structural investigation // J. Solid State Chem. – 2009. – №182. – P.2368-2373.

ТЕРМОЛИЗ ОКТАКАЛЬЦИЕВОГО ФОСФАТА – ПРЕКУРСОРА ДЛЯ СИНТЕЗА РЕЗОРБИРУЕМОЙ БИОКЕРАМИКИ

Кукуева Елена Вячеславовна, Путляев Валерий Иванович

119991, Россия, Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, д.1, строение 73,
факультет наук о материалах

В последнее время идет разработка биоматериалов, содержащих различные фосфаты кальция, что позволяет контролировать уровень резорбирования имплантата в организме. Физические способы гомогенизации порошковых смесей, необходимых для получения многофазной керамики, приводят к неравномерному распределению фаз в получаемом материале, и, как следствие, к ухудшению его механических и биологических характеристик. Одним из химических способов гомогенизации может стать идея получения прекурсора, в котором в котором атомы основных компонентов расположены в необходимой близости друг к другу. В качестве прекурсора для получения порошкового материала для изготовления биокерамики предложено использовать октакальциевый фосфат $\text{Ca}_8(\text{HPO}_4)_2(\text{PO}_4)_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (ОКФ). Однако получать керамический материал непосредственно из ОКФ не представляется возможным из-за наличия молекул воды в его структуре, поэтому было предложено провести его дегидратацию при различных температурах:



ОКФ синтезировали гидролизом брусита $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в ацетатном буфере. Термолиз ОКФ проводили при температурах 450° , 600° и 700°C . Полученные порошки и исходный ОКФ характеризовали методами РФА, РЭМ и ИК-спектроскопии. Кристаллическая структура ОКФ представляет собой совокупность чередующихся слоев, аналогичных по структуре ГА или аморфному фосфату кальция $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ и бруситу. Для продуктов, полученных при температурах 600° и 700° можно четко выделить образовавшиеся фазы пирофосфата кальция, гидроксиапатита и трехкальциевого фосфата. Продукты разложения ОКФ при 450° ("ОКФ-450") частично сохраняют пластинчатую структуру исходного ОКФ, но обладают значительной дефектностью, кроме того, при удалении воды в самой пластине частично начинается образование пирофосфата, также сохраняются области, где процесс превращения брусита в пирофосфат не произошел. Вычлнить отдельные фазы для этого продукта не удалось. Так, можно сказать, что при 450° получили однородный прекурсор, пригодный для дальнейшего синтеза керамики.

Керамику $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2/\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ получали из порошка "ОКФ-450". Спекание проводилось при температуре 1100°C в течение 3 часов. Полученная керамика обладает высокой прочностью (до 127 МПа) из-за изначально плотной укладки пластинчатых частиц при прессовании. Тесты на цитотоксичность и адгезию клеток, проведенные на культуре фибробластов, показали, что полученный материал не является токсичным и может использоваться в тканевой инженерии.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ 09-03-01078-а, 10-03-00866

Литература:

1. Sakamoto, S. Yamaguchi, M. Kaneno, I. Fujihara, K. Satoh, Y. Tsunawaki *Thin Solid Films* 2008, **51**, 1354.
2. B.O. Fowler, E.C. Moreno, W.E. Brown, *Arch. Oral. Biol.* 1966, **11**, 2.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_y\text{MnO}_{3+d}$

Кушнир Алексей Евгеньевич

*119991, г. Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В.Ломоносова,
Факультет наук о материалах*

Метод локальной гипертермии является одним из наиболее эффективных способов лечения раковых заболеваний. Раковые клетки более чувствительны к тепловому шоку до температуры 43°C, чем здоровые, поэтому в месте локализации опухоли создаётся локальный перегрев, достигающийся за счет введения в организм ферромагнитных веществ с температурой Кюри (T_c) в районе 43-50°C и размером частиц порядка 100 нм, нагреваемых переменным магнитным полем. В данной работе предлагается использовать твердые растворы на основе $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_y\text{MnO}_{3+d}$ со структурой перовскита. Данные твердые растворы позволяют получать материалы с T_c , близкой к необходимой. Целью данной работы является исследование магнитных свойств от времени окислительного отжига пиролизных образцов, а также исследование влияния лимонной кислоты, как химической добавки, на размер и морфологию получаемых частиц.

Основными методами синтеза указанных выше твёрдых растворов являлись так называемый «бумажный» метод синтеза и метод пиролиза аэрозолей. Первый метод даёт возможность быстро синтезировать образец в объёме, необходимом для основных исследований. Второй метод синтеза даёт прототип материала для гипертермии. С его помощью можно получать порошок с контролируемым размером сферических частиц.

Авторами [1] предложено в методе пиролиза аэрозолей использовать лимонную кислоту для уменьшения размера получаемых частиц. Для выявления зависимостей размеров и форм получаемых частиц от концентрации лимонной кислоты синтезированы образцы с концентрацией лимонной кислоты в исходном растворе 0,02 М и 0,4 М.

Для изучения влияния лимонной кислоты на магнитные свойства порошков, синтезированных методом пиролиза аэрозолей, был выбран состав $\text{La}_{0.8}\text{Ag}_{0.17}\text{MnO}_{3+d}$. Кроме того, данный состав был также синтезирован «бумажным» методом (для сравнения магнитных свойств этого образца со свойствами сферических частиц). Все образцы были исследованы методами РФА и сканирующей электронной микроскопии. Показано, что данные составы являются однофазными со структурой ромбоэдрически искаженного перовскита. Контроль катионного состава проводили методами рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

В рамках данной работы полученные образцы фильтровались через трековые мембраны для повышения их монодисперсности. Было показано, что только сочетание трековых мембран с узконаправленным ультразвуковым воздействием позволяет эффективно достигать монодисперсности.

Были проведены исследования влияния физраствора на полученные порошки. Так как потенциальное применение данного материала предполагает взаимодействие с биологическими жидкостями, стабильность порошков в подобных средах является крайне важным. Как показали измерения, выдерживание в физрастворе (до 70 суток) несущественно влияет на магнитные свойства данных образцов, что позволяет говорить о перспективности их использования в гипертермии.

Литература:

1. Jung D. S., Hong S. K., Kang Y. C., Nano-sized LaMnO_3 powders prepared by spray pyrolysis from spray solution containing citric acid, Journal of the Ceramic Society of Japan, 2008, 116(1), p.141-145.

СИНТЕЗ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ ПЛАСТИНЧАТЫХ ЧАСТИЦ ГЕКСАФЕРРИТА СТРОНЦИЯ, ОБЛАДАЮЩИХ МАГНИТОЗАВИСИМЫМИ ОПТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

*Кушнин С.Е.^а, Кошкодаев Д.С.^а, Зувев Д.М.^а, Гаврилов А.И.^а, Казин П.Е.^{а,б},
Третьяков Ю.Д.^{а,б}*

^аМосковский государственный университет, Факультет наук о материалах, Воробьевы горы, МГУ, 1-73, Москва, Россия, 119991

^бМосковский государственный университет, Химический факультет, Воробьевы горы, МГУ, 1-3, Москва, Россия, 119991

Под действием внешнего магнитного поля частицы магнитной жидкости ориентируются, изменяя таким образом оптические свойства жидкости. В случае ориентации анизотропных частиц возникает эффект линейного дихроизма, т.е. зависимость оптического поглощения жидкости от взаимной ориентации плоскости поляризации (**Р**) света и вектора напряжённости приложенного магнитного поля (**Н**). Чем больше анизотропия формы частиц и степень их ориентации, тем сильнее проявляется эффект дихроизма, который можно количественно описать как соотношение оптических плотностей при перпендикулярной и параллельной ориентации **Р** и **Н**. Частицы магнитотвёрдого гексаферрита стронция $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ обычно обладают пластинчатой формой и под действием магнитного поля ориентируются перпендикулярно силовым линиям. В тоже время синтез стабильных коллоидных растворов на основе магнитотвёрдых частиц гексаферрита представляет проблему, вследствие их термодинамической нестабильности.

Целью данной работы являлась разработка методики синтеза коллоидных растворов гексаферрита стронция, проявляющие зависимость оптического пропускания в магнитном поле.

Синтез проводили с использованием стеклокерамического и гидротермального методов. Были получены пластинчатые наночастицы гексаферрита стронция со средним диаметром до 250 нм и отношением диаметра к толщине до 16. Путём ультразвуковой обработки частиц в разбавленной уксусной кислоте были получены коллоидные растворы. Метод динамического светорассеяния показал, что положение максимума распределения по размеру рассеивающих центров в коллоидном растворе совпадает со средним диаметром выделенных наночастиц, определённым по микрофотографиям. Это говорит об отсутствии крупных агрегатов в растворе. Частицы в коллоидном растворе стабилизированы электростатически, их ζ -потенциал лежит в интервале $+40 \div 70$ мВ.

Кривая намагничивания коллоидных растворов полностью обратима, т.е. частицы в растворе поворачиваются под действием магнитного поля. При этом распределение по объёму частиц в коллоидном растворе не выявляет образование агрегатов. Концентрация магнитных частиц в растворе составляет $1 \cdot 10^{-3} \div 60 \cdot 10^{-3}$ об. %.

Для полученных коллоидных растворов максимальное отношение оптической плотности в различных направлениях при 550 нм в поле 114 Э составляет 3,8, при этом оптическое пропускание (при длине оптического пути 1 см) изменяется в 2 раза уже в поле 3,5 Э. Время реакции такой системы на магнитное поле составляет менее 1 мс. Подобные магнитные жидкости могут применяться в оптических модуляторах и детекторах магнитного поля.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (16.740.11.0201) и РФФИ (10-03-00694 и 11-08-01256).

ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК СМЕШАННЫХ ОКСИДОВ РЗЭ МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ ИЗ РАСТВОРА

Лаверенов Иван Валентинович

*Московский государственный университет, Химический факультет, Воробьевы горы, МГУ,
1-3, Москва, Россия, 119991*

Смешанный оксид лантана и лютеция LaLuO_3 обладает высокой диэлектрической проницаемостью ($k = 22$ в аморфном состоянии, [1]), и является перспективным кандидатом в материалы затвора металл-оксидных полевых транзисторов (MOSFET). Этот оксид входит в семейство смешанных оксидов РЗЭ общей формулы $\text{LnLn}'\text{O}_3$ (Ln и Ln' – элементы начала и конца ряда, соответственно) со структурой перовскита, образование которой определяется фактором толерантности Гольдшмидта t , выражающимся через радиусы катионов ($t > 0,786$ [1]). Получение фаз $\text{P-LnLn}'\text{O}_3$ из исходных оксидов затруднено вследствие низкой теплоты реакции и кинетических затруднений, однако образование фазы может быть облегчено посредством химической гомогенизации, а так же при росте в виде тонких пленок на монокристаллической подложке с подходящими параметрами кристаллической структуры (эпитаксиальная стабилизация). В нашей работе была исследована возможность химического осаждения из растворов тонких пленок $\text{LnLn}'\text{O}_3$ с использованием в качестве подложки (001) MgO (Fm-3m , $a = 4,212 \text{ \AA}$), для которого рассогласование параметров с LaLuO_3 ($t = 0,800$, орторомбически искаженный перовскит, Pnma , $a = 5,826 \text{ \AA}$, $b = 8,380 \text{ \AA}$, $c = 6,022 \text{ \AA}$) составляет менее одного процента.

Для химического осаждения из растворов использованы прекурсоры двух типов. В первом случае были использованы растворы пропионатов Ln и Ln' в пропионовой кислоте. Методами масс-спектрометрии с лазерной десорбцией и термического анализа показано, что растворы гомогенны на атомном уровне и состоят из олигомерных фрагментов со статистическим распределением катионов, однако при термическом разложении продуктов выпаривания раствора проявляется склонность к разделению лантанидов с выделением более легкого из них в фазу оксокарбоната $\text{Ln}_2\text{O}_2\text{CO}_3$. Во втором случае были использованы полученные анионным обменом водные гидроксозоли “ $(\text{Ln},\text{Ln}')(\text{OH})_3$ ” с добавкой термореактивных полимеров на основе N-поливинилкапролактама. В процессе нанесения пленки свойства данной полимерной смеси способствуют образованию более однородного покрытия. По данным электронной микроскопии и термического анализа, при анионном обмене образуются частицы двух типов, а разложение прекурсора происходит в две стадии, что свидетельствует об отсутствии полной гомогенизации, но при разложении не образуется $\text{Ln}_2\text{O}_2\text{CO}_3$.

Обнаружено, что при обжиге пропионатного прекурсорного слоя на подложках (001)- MgO происходит образование (0k0)-ориентированного $\text{La}_2\text{O}_2\text{CO}_3$, устойчивого до температур более 1000°C . Собранные данные свидетельствуют о возможности эпитаксиальной стабилизации этого оксокарбоната на подложке. Эпитаксиальная пленка LaLuO_3 с ориентацией (0k0) может быть получена при использовании обжига с высокой скоростью нагрева (помещение в горячую печь) при 700°C . При обжиге гидроксид-полимерного прекурсорного слоя $\text{La}_2\text{O}_2\text{CO}_3$ не образуется, а эпитаксиальная пленка (0k0)- LaLuO_3 образуется при 900°C .

Литература:

1. M. Bharathy et al. Crystal growth of inter-lanthanide $\text{LaLn}'\text{O}_3$ ($\text{Ln}' = \text{Y, Ho-Lu}$) perovskites from hydroxide fluxes. Solid State Sciences 11 (2009) 651 – 654.

ПОЛУЧЕНИЕ АПАТИТНОГО ЦЕМЕНТА С ЗАДАНЫМ СООТНОШЕНИЕМ КОМПОНЕНТОВ И ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ГРАНСОСТАВА НА ЕГО СВОЙСТВА

Ларионов Д.С.¹, Лукина Ю.С.^{2,3}, Сивков С.П.², Филиппов Я.Ю.¹
Путляев В.И.¹, Зайцев В.В.³, Сенин Р.А.⁴

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, ²РХТУ им. Д.И. Менделеева,
³ЦИТО им. Н.Н. Приорова, ⁴РНИЦ «Курчатовский институт»

Большое значение в области медицинского материаловедения приобретают карбонатапатитные цементы, являющиеся альтернативой гидроксиапатитной керамике и кальцийфосфатным стеклам.

В качестве объекта исследования был выбран состав, идентичный коммерческому препарату Norian® SRS фирмы Synthes (US), в состав которого, по литературным данным, входят α -Ca₃(PO₄)₂ (85 масс. %), CaCO₃ (12 масс. %) и Ca(H₂PO₄)₂·H₂O (3 масс. %). В качестве затворяющей жидкости используется раствор Na₂HPO₄. Карбонатапатит декларируется в качестве конечного продукта гидратации цемента. На основе цемента предложенного состава было исследовано влияние размера исходных частиц на свойства цементного камня.

Выбор водоцементного отношения (В/Т = 0,5) обуславливался получением цементного теста нормальной густоты. Были изучены сроки схватывания цементного теста при изменении Са/Р в пределах от 1,5 до 1,67 варьированием концентрации Na₂HPO₄ в жидкости затворения. Сроки схватывания измерялись с помощью малого прибора Вика (по методике КХТКиВМ РХТУ). Приемлемые сроки схватывания были достигнуты при Са/Р = 1,6. Данное соотношение сохранилось постоянным для дальнейших исследований влияния гранулометрического состава на свойства цемента.

Для изучения свойств цементного камня с различным размером исходных частиц, определяемых методом динамического светорассеяния, были заформованы образцы, которые выдерживались в пропарочной камере в течение недели, после чего подвергались механическим испытаниям на сжатие с помощью испытательной машины Р-05. Полученные образцы анализировались методами ИК-спектроскопии, РФА, томографии, рентгеновской микротомографии и РЭМ. Открытая пористость образцов определялась по методике КХТКиВМ РХТУ.

Таким образом, был получен апатитный цемент и изучено влияние размера частиц на свойства цементного камня. Установлено, что измельчение исходных компонентов благотворно сказывается на свойствах конечного продукта. Были проведены медицинские исследования, которые показали, что разработанный материал биоактивный, обладает хорошей остеоинтеграцией и может применяться в качестве остеопластического материала.

Работа поддержана грантами РФФИ 09-03-01078, 10-03-00866, 11-03-12179-офи-м-2011; а также Государственными контрактами 14.740.11.0277, П403, 11411.1008700.13.001.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ (Au/Ni) ИНВЕРТИРОВАННЫХ ОПАЛОВ

Мартынова Наталья Александровна

Факультет Наук о Материалах МГУ им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, Москва, 119991

Фотонные кристаллы, позволяющие управлять оптическим излучением, представляют большой интерес для современной оптики. Распространенными примерами таких структур являются коллоидные кристаллы (КК), состоящие из плотноупакованных сферических частиц, и инвертированные опалы, получаемые путем заполнения пустот коллоидных кристаллов с последующим удалением матрицы. Следует отметить, что особое внимание исследователей привлекают магнитные металлические инвертированные опалы как основной элемент фильтров и сверхбыстрых оптических переключателей, основанных на магнитооптическом эффекте Керра. В таких структурах происходит усиление эффекта Керра по сравнению с неструктурированными материалами за счет возбуждения поверхностных плазмон-поляритонов [1]. Однако в магнитных металлах, из-за высокого поглощения ими оптического излучения, возникающие плазмоны быстро затухают. Поэтому актуальной задачей является изучение магнитооптических свойств магнитоплазмонных многослойных структур, обладающих периодичностью и состоящих как из благородного металла, в котором хорошо возбуждаются плазмоны (таких, как Au), так и из магнитного материала (например, Ni).

Целью настоящей работы является оптимизация условий электрохимического формирования металлических (Au/Ni) инвертированных опалов и исследование их магнитооптических свойств. На первом этапе работы были получены малодефектные коллоидные кристаллы методом вертикального осаждения монодисперсных полистирольных частиц при одновременном приложении постоянного электрического поля перпендикулярно подложке и переменного электрического поля параллельно ей. Анализ структуры и оптических свойств КК проводили с помощью растровой электронной микроскопии, оптической спектроскопии и малоугловой дифракции рентгеновского излучения. По набору двумерных дифракционных картин, полученных при повороте образца, была проведена трехмерная реконструкция обратного пространства КК. Показано, что структура полученных КК на 70 – 80 % состоит из ГЦК фрагментов.

В настоящее время проводится оптимизация условий гальваностатического электрохимического осаждения золота на кремниевых подложках с проводящим Au покрытием из коммерчески доступного цитратного электролита золочения марки 04-3Г с концентрацией металла 10 мг/л. С помощью растровой электронной микроскопии установлено, что оптимальные значения катодной плотности тока лежат в интервале $0,0004 \div 0,001 \text{ А/см}^2$, при которых формируются плотные электролитические осадки со средним размером зерен $140 \pm 25 \text{ нм}$.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ (грант № 14.740.11.0256) и гранта РФФИ № 10-03-01014-а.

Литература:

1. А. А. Grunin, A. G. Zhdanov et al. Surface-plasmon-induced enhancement of magneto-optical Kerr effect in all-nickel subwavelength nanogratings // Appl. Phys. Lett., 2010, v. 97, 261908.

СИНТЕЗ И СТРУКТУРА НОВОГО СЕЛЕНАТА УРАНИЛА С ДИЭТИЛАМИНОМ И ФЕНИЛОМ

П.А. Михайленко, В.В. Гуржий, С.В. Кривовичев

*Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург
Университетская набережная 7/9*

В последнее время структурная химия неорганических соединений актиноидов обогатилась открытиями наноразмерных кластеров на основе оксидов урана, нептуния и плутония, а также уранил-селенатных нанотубуленов, которые рассматриваются как первые примеры актинид-содержащих наноструктур. При этом на целом ряде примеров органо-неорганических соединений с уранил-селенатными комплексами и аминами различного состава и структуры была показана роль гидрофильно-гидрофобных взаимодействий как в самосборке супрамолекулярных органических блоков, так и в их влиянии на топологию и геометрию (в особенности, кривизну) неорганического комплекса. В работе нами был предложен принцип гидрофильно-гидрофобных зон, согласно которому, в амин-темплатированных соединениях уранила, при одинаковом составе неорганического комплекса, его топология контролируется соотношением и упаковкой гидрофильных и гидрофобных частей протонированных молекул аминов.

Кристаллы нового уранил – селената с диэтиламином $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{NH}_3)(\text{H}_5\text{O}_2)[(\text{UO}_2)_2(\text{SeO}_4)_3(\text{H}_2\text{O})]$, получены методом изотермического испарения из водного раствора при комнатной температуре. Соединение кристаллизуется в моноклинной сингонии, $a=8.941(2)\text{\AA}$, $b=19.300(4)\text{\AA}$, $c=11.377(3)\text{\AA}$, $\beta=97.510(4)^\circ$, $V=1946.5(7)\text{\AA}^3$. Законы погасания и статистика распределения рефлексов определили пространственную группу $P2_1/m$. Поправка на поглощение была введена с учётом формы кристалла. Структура была решена прямыми методами и уточнена до $R_1 = 0.0395$ ($wR_2 = 0.0987$) для 4634 рефлексов с $|F_o| \geq 4\sigma_F$

Основу структуры составляют слоистые комплексы состава $[(\text{UO}_2)_3(\text{SeO}_4)_4(\text{SeO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2]^{3-}$, параллельные плоскости (100). Заряд неорганического слоя компенсируется протонированными молекулами диэтиламина и комплексами $(\text{H}_5\text{O}_2)^+$. Углеводородные части органических молекул ассоциируют в структуре соединения с пустотами, тогда как аминные окончания молекул тяготеют к плотным фрагментам уранил-селенатных слоев.

Кристаллы нового уранил – селената с фенилом получены методом изотермического испарения из водного раствора при комнатной температуре. Соединение кристаллизуется в моноклинной сингонии, $a=10.6565(15)\text{\AA}$, $b=14.7548(14)\text{\AA}$, $c=13.7341(17)\text{\AA}$, $\beta=95.899(11)^\circ$, $V=2143.8(5)\text{\AA}^3$. Законы погасания и статистика распределения рефлексов определили пространственную группу $P2_1/c$. Поправка на поглощение была введена с учётом формы кристалла. Структура была решена прямыми методами и уточнена до $R_1 = 0.06$ ($wR_2 = 0.1522$) для 5347 рефлексов с $|F_o| \geq 4\sigma_F$

Работа выполнена при финансовой поддержке В рамках пилотного проекта “Молекулярная Геохимия и биогеохимия” Программы Президиума РАН №8

Литература:

1. *Structural Chemistry of Inorganic Actinide Compounds*, Krivovichev, S.V., Burns, P.C., and Tananaev, I.G., Eds., Amsterdam: Elsevier, 2007.
2. *Krivovichev S.V., Kahlenberg V., Kaindl R., Mersdorf E., Tananaev I.G., Myasoedov B.F. // Angew. Chem. Int. Ed. 2005. Vol. 44. P. 1134-1136*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕНОК ОКСИДА АЛЮМИНИЯ И ОКСИДА ЖЕЛЕЗА (III) МЕТОДАМИ МАЛОУГЛОВОГО РАССЕЯНИЯ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ, БЭТ

В.И. Михайлов^а, П.В. Кривошапкин^б, Е.Ф. Кривошапкина^б, А.П. Петраков^а

^а*Сыктывкарский государственный университет, Сыктывкар, Октябрьский проспект, 55*

^б*Институт химии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, ул. Первомайская, 48.*

Технология создания тонких пленок несомненно заслуживает большого внимания, так как их применение достаточно широко [1].

Одним из основных направлений в технологии нанесения покрытий является золь-гель метод. Термическое разложение пленкообразующего состава на поверхности подложки является составной частью технологического процесса золь-гель метода [1].

Целью данной работы является получение дисперсных систем на основе гидратированных форм оксидов алюминия и железа (III) и исследование структуры материалов на основе анализа малоуглового рассеяния синхротронного излучения и сканирующей электронной микроскопии.

Синтез золь оксида алюминия проводили, используя реакцию гидролиза солей алюминия в присутствии раствора аммиака. Золь гидроксида железа (III) получали гидролизом хлорида железа (III) в кипящей воде.

Для всех дисперсных систем были определены пикнометрическая плотность, массовая доля дисперсной фазы, средний размер частиц, кинематическая и динамическая вязкости. Также была проведена теоретическая оценка энергии взаимодействия наночастиц оксида алюминия в рамках теории ДЛФО [2].

Исследование структуры проведены на синхротронном источнике станции малоуглового рассеяния СТМ «Центра синхротронных исследований и нанотехнологий» РНЦ «Курчатовский институт». Сравнение размеров частиц рассеивающих в областях Гинье и Порода указывает на наличие частиц двух сортов, одним из которых могут быть поры с диаметром 6,4 нм.

Исследование образцов алюмооксидных пленок методом сканирующей электронной микроскопии проводили при помощи растрового электронного микроскопа Ultra 55 (Carl Zeiss) ЦКП «Порошковое материаловедение и наноматериалы», г. Пермь.

Анализ площади поверхности и исследование пористой структуры материалов с применением методов физической сорбции азота позволяют провести полный анализ микро- и мезопор, их распределения по размерам и определение площади поверхности. Пленки из наночастиц оксида алюминия были исследованы на приборе ASAP 2400 V3.07, который представляет собой полностью автоматизированную систему для определения площади поверхности и анализа микро- и мезопор. Для расчета удельной поверхности селективных слоев наиболее универсальным методом является теория полимолекулярной адсорбции БЭТ. Исследования были проведены в Институте катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск.

Удельная площадь поверхности селективного слоя составляет 255 м²/г, диаметр пор не превышает 7 нм, что согласуется с данными малоуглового синхротронного исследования.

Литература:

1. *Основы золь-гель технологии нанокompозитов*/ Максимов А.И., Мошников В.А., Таиров Ю.М., Шилова О.А. – Санкт-Петербург: ЛЭТИ, 2007. – 273 с.
2. Фролов Ю.Г. *Курс коллоидной химии: учебник для вузов.* – М.: Химия, 1988. - 464 с.

ОСАЖДЕНИЕ ПЛЕНОК КРЕМНИЯ НА ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОДЛОЖКИ МЕТОДОМ CVD

**Мойзых М.Е., **Крутянский В.Л.*

**МГУ имени М.В. Ломоносова, Химический факультет, Москва, Россия*

***МГУ имени М.В. Ломоносова, Физический факультет, Москва, Россия*

Получение пленок кремния на текстурированных поликристаллических подложках методом химического осаждения представляет большой интерес для солнечной энергетики. Использование поликристаллических субстратов с текстурой позволяет, с одной стороны, улучшить структурные и, как следствие, электрофизические качества пленок, а с другой – снизить стоимость за счет отказа от использования монокристаллического кремния. В то же время, сочетание преимуществ метода CVD (высокое качество пленок, скорость, энергоэффективность) делает этот метод наиболее перспективным для производства солнечных элементов.

В работе использовался набор подложек на основе ГЦК-сплава $\text{Ni}_{90}\text{Cr}_8\text{W}_2$ и Ni_{98}W_2 с кубической текстурой $\{001\} \langle 100 \rangle$ с буферными слоями MgO , SrF_2/MgO , CeO_2 , и $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{SrF}_2/\text{MgO}$, текстура которых повторяла текстуру подложки.

Пленки кремния получали термическим разложением из силана и характеризовали методами рентгеновской дифракции, сканирующей электронной микроскопии, спектроскопией ЭПР и методом ГВГ.

В работе установлены режимы осаждения, позволяющие в зависимости от парциального давления силана и времени осаждения получать пленки толщиной 0.5 – 2.0 мкм. Температура подложки составляла 600-1000 °С. При температуре ниже 700 °С осаждались аморфные кремниевые пленки, при больших температурах наблюдалась их кристаллизация.

В случае подложек с буферным слоем MgO , дальнейшее повышение температуры (до 850 °С) ведет к образованию силицидов кремния состава $\text{Ni}_{31}\text{Si}_{12}$, сопровождающееся деградацией буферного слоя MgO . Пленки с буферными слоями CeO_2 демонстрировали меньшую термическую устойчивость, а пленки с буферной архитектурой $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{SrF}_2/\text{MgO}$ оставались стабильными вплоть до 900 °С.

Отжиг пленок Si при 750 °С в течение 30 – 150 мин позволяет кристаллизовать Si с получением преимущественной текстуры в направлении $[001]$. Наибольшее достигнутое значение параметра W_{001} , характеризующего долю кристаллитов, имеющих ориентацию $\{001\}$, составило 84%.

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МИКРОСЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ БЕРЛИНСКОЙ ЛАЗУРИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ IN VIVO ДИАГНОСТИКИ

Мокрушина А.В.^а, Карякин А. А.^б

^а119991, Россия, Москва, Ленинские Горы, МГУ им.М.В.Ломоносова,
Факультет наук о материалах

^б119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3, ГСП-1, МГУ, Химический факультет

Экспрессная и точная диагностика широкого спектра заболеваний является одним из важнейших требований современной медицины. Клинический анализ, исключая высокотравматичный отбор пробы и стадию доставки образца к прибору, в результате которой зачастую происходит разложение некоторых ключевых метаболитов, может быть осуществлен только с использованием химических и биологических сенсоров, имплантируемых непосредственно в органы и ткани.

В настоящей работе разработан амперометрический микросенсор на основе берлинской лазури (БЛ) с интегрированным коаксиально электродом сравнения, чувствительность, стабильность и конструкция которого позволят производить анализ в живых объектах. Сенсор предназначен для определения H_2O_2 , являющегося маркером многих заболеваний, связанных с окислительным стрессом [1], а также субстратов ферментов оксидаз, иммобилизуемых на поверхность электрода.

Малые токи, регистрируемые микроэлектродами, могут существенно снизить чувствительность сенсора вследствие мешающего влияния анализа при анализе *in vivo*. С помощью темплатного синтеза можно создать на поверхности рабочего электрода матрицу золота, имеющую систему пор, что в 10-15 раз увеличивает реальную поверхность по сравнению с геометрической [2]. Это, в свою очередь, позволяет значительно увеличить количество осаждаемого электрокатализатора и, следовательно, повысить чувствительность датчика. В работе использовались золотые микроэлектроды (125 мкм) с порами диаметра 250 нм. Оптимизация параметров синтеза БЛ в порах золота показала, что наилучшими условиями для заполнения матрицы катализатором является потенциодинамический режим в диапазоне потенциалов 0.6-0.8В из раствора с концентрациями 8мМ $FeCl_3$, 8мМ $K_3[Fe(CN)_6]$.

Сравнение аналитических характеристик по определению пероксида водорода датчиков на основе обычных золотых микроэлектродов и на основе пористых структур показало значительное увеличение чувствительности в случае последних: 8.1 ± 0.3 А/(М·см²) против 1.0 ± 0.1 А/(М·см²).

Сенсор на глюкозу на основе БЛ и глюкозооксидазы, иммобилизованной в стабилизирующую матрицу полиэлектролита Нафийон, так же демонстрирует рекордную чувствительность по определению глюкозы в модельном растворе - 0.75 ± 0.04 А/(М·см²). Линейный диапазон датчика 10^{-6} - 10^{-2} , что включает в себя физиологическую концентрацию глюкозы, которая обычно находится на уровне 5 мМ. Отклик сенсора на постоянную концентрацию глюкозы (5мМ) в модельном растворе стабилен в течение 3 часов. Испытание на стабильность в цельной крови крыс показало неизменность отклика в течение 2 часов (дольше эксперимент не проводился).

Литература:

1. Robin M. Sellers, *Analyst* 1980, **105**, 950 - 954.
2. Szamocki R., Velichko A., et. al. *Anal. Chem.* 2007, **79**, 533 – 539

ХИМИЧЕСКОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА. ПОЛУЧЕНИЕ ЧАСТИЦ-ЯНУСОВ

А. Ю. Оленин, Т. Р. Низамов, Г. В. Лисичкин

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Химический факультет 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 3

Наночастицы серебра различной геометрии и упорядоченности находят применение в оптике, аналитической химии, биологии и медицине из-за ценного набора физико-химических свойств (гигантское комбинационное рассеивание, поверхностный плазмонный резонанс и др.). Но в настоящее время проблема синтеза устойчивых нч серебра с анизотропией поверхности в препаративных количествах не решена. Вместе с тем, в литературе содержатся отрывочные сведения о химическом модифицировании поверхности серебряных наночастиц.

Целью данной работы является разработка методов синтеза наночастиц серебра с выраженной анизотропией поверхности путем химического модифицирования поверхности исходных наночастиц серебра.

Сферические наночастицы серебра синтезировали в водной среде. Химическое модифицирование поверхности наночастиц проводилось тиолирующими агентами: цистеина гидрохлорид (Cys), бутилксантогенат калия (БКС), этандитиол (ЭДТ), цистеина гидрохлорид (ЦА), додекантиол (ДДТ), меркаптоянтарная кислота (МЯК) и 3-меркаптопропансульфонат натрия (МПС). Би- и полифункциональные модификаторы с высоким сродством к поверхности наночастиц вызывали коагуляцию (Cys, ЦА, ЭДТ) и выпадение осадка (Cys, ЦА). Меркаптокислоты стабилизировали наночастицы в щелочной среде. Наибольшую эффективность показали гидрофобизирующие монофункциональные модификаторы (ДДТ, БКС) в присутствии ПАВ (ЦТМАБ). Плотность и стабильность полученных монослоев качественно оценивалась последующим модифицированием БКС (изменение спектра) и Cys (изменение спектра и коагуляция). Более упорядоченные монослои образовывались при модифицировании ДДТ, т.к. наночастицы не коагулировали и спектр изменялся незначительно. Плотность прививки модификатора оценивалась ТЭМ и элементным анализом.

Методом сорбции наночастиц на поверхности аминированного силикагеля (АС) постадийно были получены частицы-Янусы. На первой стадии наночастицы сорбировались на поверхности АС, далее незащищенная поверхность наночастиц была модифицирована ДДТ. После промывания и подкисления системы наночастицы десорбировались в раствор и были промодифицированы БКС и наблюдалось изменение спектра коллоида.

Оптимальным модификатором поверхности является ДДТ, образующий упорядоченные монослои. Модифицированный коллоид устойчив и не подвергается модифицированию другими агентами. Через стадию сорбции наночастиц серебра на поверхности АС получают частицы Янусы с отдельно модифицированной поверхностью.

Литература:

1. D. D. Jr. Evanoff, G. Chumanov, ChemPhysChem 2005. V. 6. №. 7. P. 1221.
2. S. Jiang, Q. Chen et al, Adv. Mater. 2010. V. 22. №. 10, P. 1060.
3. Love J. C., Estroff L. et al, Chem. Rev. 2005. V. 105. №. 4. P. 1103.

КАТАЛИЗАТОР ГИДРИРОВАНИЯ НЕПРЕДЕЛЬНЫХ И НИТРОСОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ КАРБОКСИЛИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Осинов Н.Н.^а, Ваганов В.Е.^б, Ключев М.В.^а

а – Ивановский государственный университет, г. Иваново ул. Ермака 39

б – Владимирский государственный университет, г. Владимир ул. Горького 87

Развитие промышленного выпуска и удешевление производства наноматериалов, позволяет расширить область их применения. Использование модифицированных наноматериалов в качестве носителей для катализаторов, позволяет снизить количества переходного металла и тем самым повысить эффективность работы катализатора. В работе использованы углеродные нановолокна (УНВ) полученные во Владимирском государственном университете пиролизом пропан-бутановой смеси на медно-никелевом катализаторе, при температуре 500°C. Площадь удельной поверхности полученного материала была 124 м²/г, а содержание УНВ в материале – около 90%. Карбоксилирование УНВ проводили путем их обработки смесью минеральных кислот. После обработки кислотами в ИК-спектре полученного материала появлялся сигнал в области 1713 см⁻¹, говорящий о наличии карбоксильной группы. Закрепление металла на УНВ производили из раствора PdCl₂ в HCl. Содержание Pd⁰ в катализаторе составило 0,5 масс%. (РФЭС). Реакцию гидрирования проводили следующим образом: в реактор под слой растворителя (этанол, 25 мл) помещали навеску катализатора (Pd/УНВ, 40 мг) и NaBH₄ (10 мг) и перемешивали под водородом при 45°C в течение 10 мин, затем в токе водорода вносили 1 ммоль субстрата. Скорость реакции определялась волюмометрическим методом, а анализ реакционных смесей проводили методом ГЖХ. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Субстрат	Скорость реакции моль/(л*с)	Число оборотов реакции моль/(г*атом Pd*мин)
Аллиловый спирт	10,2*10 ⁻⁴	81,5
Гексен-1	9,2*10 ⁻⁴	73,4
Акриловая кислота	8,6*10 ⁻⁴	69,3
Нитробензол	8,6*10 ⁻⁴	69,3
<i>para</i> -Нитрофенол	7,6*10 ⁻⁴	61,1
2,4-динитроанилин	5,4*10 ⁻⁴	43,0
<i>n</i> -Нитробензойная кислота	4,3*10 ⁻⁴	34,6
2,4-динитроанизол	3,3*10 ⁻⁴	26,5
Циклогексен	3,3*10 ⁻⁴	26,5

Таблица 2 [1]

Катализатор	Скорость реакции моль/(л*с)
Pd/УНВ 0,5 масс%	8,6*10 ⁻⁴
Pd/НА 1,1 масс%	2,82*10 ⁻⁴
Pd/НА 1,8 масс%	5,16*10 ⁻⁴
Pd/НА 2,7 масс%	7,96*10 ⁻⁴

В таблице 2 приведено сравнение скорости реакции в модельной реакции гидрирования нитробензола полученного катализатора по сравнению с Pd закрепленным на наноалмазах. Таким образом карбоксилированные нановолокна позволяют снизить содержание металла и при этом повысить эффективность работы катализатора в 5 раз.

Литература:

1. Магдалинова Н.А., Ключев М.В., Волкова Т.Г., Вершинин Н.Н., Бакаев В.А., Ефимов О.Н. Гидрирование нитробензола на палладий- и платинусодержащих наноалмазах // Альтернативная энергетика и экология. - 2010. - N 11 (91). - С. 113-116.

ФОТОРАЗЛОЖЕНИЕ ВОДЫ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛАХ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА

Охапкина Д.Ю., Белич Н., Гаврилов А.И.

МГУ имени М.В.Ломоносова, Факультет наук о материалах

В связи с истощением мировых ресурсов ископаемого топлива и с ухудшением экологической обстановки в мире, актуальной проблемой становится создание и разработка экологических энергетических систем на основе водорода. Одним из перспективных методов получения водорода является метод фоторазложения воды под действием солнечного света с помощью полупроводниковых материалов. Для реализации данного процесса полупроводниковые материалы должны обладать подходящей шириной запрещенной зоны, способностью разделять носители заряда для предотвращения рекомбинации, а также должны быть химически стабильны в водных растворах электролитов. Совокупность этих требований приводит к тому, что в качестве фотоэлектродных материалов рассматривают диоксид титана. Существует 2 типа фотокатализаторов для ФЭХ разложения воды согласно их конфигурации:

- фотоэлектрохимические ячейки (ФЭЯ)
- порошковые фотокаталитические системы (ПФКС)

В ФЭЯ в разложении воды принимают участие 2 электрода, погруженные в электролит, один из которых облучается светом. В случае же ПФКС каждая частица вещества, являясь микро- или нано-фотоэлектродом, выступает как окислитель, так и восстановитель в реакции разложения. ПФКС по сравнению с ФЭЯ имеют ряд недостатков, такие как необходимость разделения носителей заряда, а также сепарации стехиометрических количеств газов, для предотвращения обратной реакции, однако подобные системы намного проще и дешевле.

В настоящей работе были получены материалы на основе диоксида титана для фоторазложения воды.

Гидротермальной обработкой аморфного геля $TiO_2 \cdot nH_2O$ в воде ($T=250^\circ C$, $t=12$ ч) была получена метастабильная модификация TiO_2 – анатаз (образец НТ-1). Размеры полученных частиц по данным рентгенофазового анализа (РФА) составляют ~ 30 нм. По данным растровой электронной микроскопии образец НТ-1 представляет собой сросшиеся агрегаты около 1-3 μm , состоящие из сферических частиц анатаза $d \sim 20$ нм. По данным РЭМ в результате гидротермального синтеза в 10 М растворе NaOH ($T=250^\circ C$, $t=12$ ч) наблюдается образование наностержней (образец НТ-2) длиной от 2-6 μm и толщиной от 0.1 μm до 0.5 μm . По данным РФА образец НТ-2 представляет собой титанат натрия состава $Na_2Ti_9O_{19}$. В результате гидротермальной обработки в тех же условиях в 10 М растворе KOH (образец НТ-3) были получены наностержни состава $K_3Ti_8O_{17}$ с меньшими размерами длины (от 100-200 нм) и толщины (около 2 нм).

По данным эксперимента по фотокаталитическому разложению воды скорость выделения водорода составила ~ 40 , 100 и 30 $\mu mol / ч * \Gamma_{кат}$ для образцов НТ-1, НТ-2 и образца сравнения TiO_2 P25 Degussa соответственно. Наилучший результат образца НТ-2 связан с его слоистой кристаллической структурой, позволяющей носителям заряда, сгенерированным в результате облучения, выходить на поверхность частиц, тем самым не рекомбинировать друг с другом, а участвовать в реакциях разложения воды.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕДЬСОДЕРЖАЩЕГО КАЛЬЦИЕВОГО ГИДРОКСИАПАТИТА, ЛЕГИРОВАННОГО ОКСИДОМ ИТТРИЯ

Погосова Мариам Александровна

119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, д. 1, стр. 3, химический факультет

Материалы на основе гидроксиапатитов находят свое применение в самых разнообразных областях. Наиболее распространенными являются сорбенты, катализаторы, имплантаты и ионные проводники на основе гидроксиапатитов различного состава. С недавнего времени была открыта еще одна область – неорганические пигменты.

В 2001 году был впервые синтезирован окрашенный в фиолетовый цвет стронциевый гидроксиапатит, легированный оксидом меди. Вскоре был также получены аналогичные бариевые и кальциевые апатиты голубого и малинового цвета соответственно [1, 2]. Некоторые из этих материалов уже нашли практическое применение в качестве пигментов [3]. Менее года назад был также получен медьсодержащий кальциевый гидроксиапатит легированный литием. Цвет данного соединения меняется от бледно-розового до винного в зависимости от количества лития и меди, и от условий термообработки [4]. Таким образом, была замечена закономерность изменения спектра окраски соединения от природы металла в позиции М, в частности от его размера: уменьшение ионного радиуса металла сопровождалось уменьшением параметров элементарной ячейки и смещением окраски вещества в красную область. Основной целью данной работы было смещение спектра окраски медьсодержащего кальциевого гидроксиапатита в оранжево-желтую область путем частичного замещения ионов кальция на ионы иттрия. В сфере неорганических пигментов актуальной является проблема поиска альтернативы свинцовым и кадмиевым красителям желтого цвета из-за высокой токсичности последних.

Методом твердофазного синтеза был получен иттрий-замещенный кальциевый апатит состава $\text{Ca}_{4,5}\text{Y}_{0,5}(\text{PO}_4)_3\text{Cu}_x\text{OH}_{0,5-x-\delta}$ а также образцы сравнения $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cu}_x\text{OH}_{1-x-\delta}$, $x = 0; 0,1; 0,3$. Полученные соединения были проанализированы при помощи методов рентгеновской дифракции. Параметры кристаллической решетки были уточнены при помощи метода Ритвельда. Окраска соединений колебалась от бледно-желтой до светлого оттенка хаки в зависимости от содержания меди и от условий термообработки. Спектры диффузного отражения окрашенных образцов показали практически полное подавление основного пика и к сильному понижению общей интенсивности других полос поглощения, по сравнению с образцами сравнения.

Литература:

1. P.E. Kazin, A.S. Karpov, M. Jansen, J. Nuss, Y.D. Tretyakov, *Z. Anorg. Allg. Chem.* 2003, **629**, 344.
2. P.E. Kazin, A.S. Karpov, M. Jansen, J. Nuss, Y.D. Tretyakov, *Solid State Sciences* 2003, **5**, 1277
3. www.ferro.com
4. M.A. Pogosova, P.E. Kazin, Y.D. Tretyakov, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 2011

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ БИОСОВМЕСТИМЫХ МАГНИТНЫХ ОРГАНО-НЕОРГАНИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ δ' -FeOОН И ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ РЕНТГЕНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ НА СИНХРОТРОННОМ ИЗЛУЧЕНИИ

*Поляков А.Ю.^а, Соркина Т.А.^а, Великжанин А.А.^б, Зубавичус Я.В.^б, Гольдт А.Е.^а,
Гудилин Е.А.^а*

^а Москва, Ленинские Горы, 1, МГУ имени М.В.Ломоносова

^б Москва, пл. ак. И.В. Курчатова, д. 1, НИЦ «Курчатowski институт»

На сегодняшний день магнитные наночастицы (МНЧ) оксидов железа находят широкое применение в различных областях биологии и медицины. Основной проблемой приготовления магнитных препаратов является быстрая агрегация наночастиц как в водных золях, так и при хранении в сухом виде. Кроме того, наночастицы оксидов железа быстро улавливаются ретикулоэндотелиальной системой и выводятся из организма, что не позволяет получать необходимые диагностические или терапевтические эффекты. В связи с этим необходима стабилизация МНЧ биосовместимыми макромолекулами, в качестве которых в настоящей работе были предложены природные полиэлектролиты – гуминовые вещества (ГВ). Для исследования в данной работе были выбраны МНЧ δ' -FeOОН. Сравнительно низкая температура их получения, потенциально приводящая к формированию аморфных примесных фаз и высокой концентрации структурных дефектов, приводит к необходимости проведения дополнительных исследований локальной структуры полученных образцов, в частности, методами XANES, EXAFS и мёссбауэровской спектроскопии.

Таким образом, цель настоящей работы состояла в использовании эффектов стерической и электростатической стабилизации при синтезе пластинчатых наночастиц δ' -FeOОН в мягких условиях с применением природных полиэлектролитов, а также исследовании влияния ГВ на локальную структуру оксидной фазы.

В ходе работы был проведен систематический анализ оптимальных условий получения МНЧ δ' -FeOОН с контролируемыми морфологическими характеристиками. Установлено, что присутствие ГВ в существенной степени влияет на микроструктуру и агрегационную устойчивость полученных наночастиц. Данные рентгенографического анализа показали, что ГВ замедляют рост зародышей наночастиц по грани {001}. Как показывают данные ПЭМ, это приводит к уменьшению размеров пластинчатых частиц δ' -FeOОН почти на порядок по сравнению с нестабилизированными частицами. Исследования локальной структуры магнитной фазы показали, что ГВ не входят в ближайшее локальное окружение атомов железа. В то же время, по данным EXAFS и мёссбауэровской спектроскопии, высокая дисперсность полученных наночастиц приводит к образованию в них большого количества дефектов, например, нетипичного для δ' -FeOОН соединения структурных единиц (октаэдров Fe(O,OH)₆), большого количества поверхностных состояний атомов железа. Тем не менее, использование ГВ позволяет получить наночастицы δ' -FeOОН в суперпарамагнитном состоянии, наиболее перспективном для биомедицинских применений. При этом полученные наночастицы обладают высокой коллоидной стабильностью в физиологическом солевом растворе. По результатам МТТ-теста цитотоксичности показано, что полученные МНЧ и их золи не являются токсичными для различных клеточных культур и не препятствуют их развитию, что открывает возможности разработки новых биологически-активных магнитных препаратов на основе МНЧ оксигидроксидов железа (III) и ГВ.

МАГНИТНОЕ УПОРЯДОЧЕНИЕ И СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ В МОНОКРИСТАЛЛАХ NaFeAs И NaFe_{1-x}Co_xAs

Рослова М.В.¹, Морозов И.В.¹, Saicharan Aswartham², Dirk Bombor², Mahmoud Mohamed², Anja Wolter², Sabine Wurmehl²

¹Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Химический факультет
Россия, 119991 Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3

²Leibniz Institute for Solid State Research Dresden
Germany, 01069 Dresden, Helmholtzstr. 20

Соединение со слоистой структурой NaFeAs, сверхпроводимость в котором была обнаружена в 2008 году ($T_c=9 - 23\text{K}$), принадлежит к т.н. семейству «111» ферропниктидных сверхпроводников и относится к структурному типу *анти*-PbFCl, пр.гр. *P4/nmm* [1]. Хорошо известно, что зонная структура вблизи уровня Ферми для ферропниктидных сверхпроводников образована в основном 3d-орбиталями атомов Fe, они же отвечают за образование в веществе магнитоупорядоченного состояния [2]. Вопрос о возможном сосуществовании сверхпроводимости и магнетизма в NaFeAs и его допированных кобальтом аналогах является одним из ключевых для выяснения механизма формирования сверхпроводимости в этих соединениях.

Нами были изучены транспортные свойства, магнитная восприимчивость и теплоемкость NaFeAs и NaFe_{1-x}Co_xAs ($x=0,06; 0,08$) на крупных монокристаллах, выращенных из флюса NaAs. Необходимо отметить, что как прекурсоры, так и полученные кристаллы очень чувствительны к кислороду воздуха и влаге, поэтому все операции выполняли в сухом боксе в атмосфере аргона. Смесь NaAs, Fe и Co в мольном соотношении 2,5:(1-x):x помещали в алуновидный тигель и заваривали в ниобиевый контейнер под аргоном. Для предотвращения окисления на воздухе ниобиевый контейнер запаивали в вакуумированную кварцевую ампулу. Приготовленные реакционные смеси нагревали до 950°C, а затем медленно охлаждали до 600°C, после чего ампулы извлекали из печи. Изучение полученных образцов методом РСМА показало, что содержание натрия в монокристаллах примерно на 10% ниже стехиометрического.

Измерения магнитной восприимчивости и теплоемкости монокристалла NaFeAs выявили существование 3 переходов: структурного при 51,7K (*P4/nmm*→*Cmma*), магнитного при 41,6K и перехода в сверхпроводящее состояние при 10K. Эти данные подтверждают результаты работы [3]. При допировании NaFeAs кобальтом мы наблюдали исчезновение всех переходов, кроме перехода в сверхпроводящее состояние, который наблюдается при 19K и 15K для образцов с 6% и 8%-ым содержанием Co, соответственно. Произведены также измерения коэффициента Холла и электросопротивления монокристаллов NaFeAs и NaFe_{1-x}Co_xAs, подтверждающие металлический тип проводимости, при этом преобладающими носителями заряда являются электроны.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 10-03-91334-ННИО_а.

Литература:

1. D.R. Parker, M.J. Pitcher, P.J. Baker, I. Franke, T. Lancaster et al. Chem. Commun., 2189-2191, 2009.
2. J. Dong, H.J. Zhang, G. Xu, Z. Li, et al. Europhys. Lett. 83, 27006, 2008.
3. G. F. Chen, W. Z. Hu, J. L. Luo and N. L. Wang. Phys. Rev. Lett. 102, 227004, 2009

РАЗРАБОТКА ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАНАРНЫХ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ ПЛЕНОК ПОРИСТОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

И.В. Росляков, Д.И. Петухов, О.В. Бойцова, К.С. Напольский

Факультет Наук о Материалах МГУ им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, Москва, 119991

Мониторинг токсичных и горючих компонентов в атмосфере чрезвычайно важная задача для обеспечения безопасности в промышленных помещениях, шахтах, вблизи газопроводов, а также в бытовых условиях – в домах, оборудованных газовыми плитами или газовыми системами отопления.

Термокаталитические датчики широко используются в настоящее время для измерения концентрации горючих газов, таких как метан, пропан и т.п. Основой датчика служит платиновая нить, нагретая до сравнительно высокой температуры. Платина является катализатором химических процессов, и её присутствие инициирует реакцию окисления горючего газа. При этом температура платиновой нити, а, следовательно, и её сопротивление изменяется тем сильнее, чем выше концентрация горючего газа. К достоинствам термокаталитических датчиков стоит отнести надежность, простоту конструкции, а также быстродействие, высокую точность и чувствительность. Стоит отметить и их недостаток – высокое энергопотребление – не позволяющее в настоящее время использовать такие системы в портативных устройствах анализа атмосферы.

Для решения этой проблемы в рамках данной работы предлагается оригинальный подход, связанный с переходом от традиционного способа производства термокаталитических сенсоров на основе платинового нагревателя, выполненного в виде спирали, к тонкопленочной технологии. Предполагаемый подход понизит мощность, требуемую для нагрева чувствительного элемента до рабочей температуры более чем на порядок, а также позволит снизить содержание драгоценных металлов в чувствительном элементе сенсора, и, следовательно, уменьшит себестоимость его производства. За счет внедрения частиц катализатора в поры оксидной матрицы ожидается увеличение срока службы термокаталитического сенсора до 3 лет.

Формирование оксидной основы планарного термокаталитического сенсора осуществлялось с использованием совокупности современных технологических процессов, таких как фотолитография и анодное окисление. Для получения пористых структур требуемой морфологии с высоким пространственным разрешением была использована следующая схема процесса. На первой стадии проводилось анодирование алюминия в 0,3М $C_2H_2O_4$ по всей поверхности образца, затем на поверхность сформированной оксидной пленки наносился фоторезист, проводилось его экспонирование через фотошаблон и удаление засвеченных областей. После этого незащищенный фоторезистом оксид алюминия растворяли в смеси содержащей 20 г/л CrO_3 и 35 мл/л H_3PO_4 , а остатки фоторезиста удалялись. Согласно данным РЭМ использование данной схемы позволяет достигнуть разрешающей способности фотолитографического процесса порядка 1 мкм. Граница составляет 90° по отношению к металлической подложке, заваливания или «паразитного» роста пористой оксида алюминия не наблюдается, что объясняется анизотропным травлением оксида алюминия, при попадании травителя в поры.

Следует отметить, что при использовании данного подхода за один технологический цикл возможно формирование нескольких сотен чувствительных элементов, что позволяет повысить воспроизводимость и снизить количество отбракованных изделий.

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КОЛЛОИДНЫХ НАНОКРИСТАЛЛОВ CdSe/CdS И CdS/ZnSe

*Саматов И.Г., Васильев Р.Б.**

**119991, Москва, Ленинские горы, 1/3, Химический факультет*

Коллоидные квантовые точки (КТ) представляют в последнее время большой интерес как люминесцентные материалы. Возможность получения стабильных зольей делает квантовые точки привлекательными с технологической точки зрения, позволяет встраивать их в различные матрицы.

Цель работы состоит в синтезе КТ «ядро/оболочка» CdSe/CdS и CdS/ZnSe, оптимизации их квантового выхода за счёт варьирования толщины оболочки и создании эффективно люминесцирующего прозрачного материала на основе КТ в полимерной матрице.

Квантовые точки CdSe/CdS относятся к типу I (ядро покрыто тонкой оболочкой более широкозонного полупроводника); КТ CdS/ZnSe относится к типу II (края зон материалов ядра и оболочки сдвинуты друг относительно друга). КТ CdS/ZnSe интересны как материалы для лазеров, положение полосы люминесценции для них может варьироваться в широком диапазоне красной области спектра.

Ядра квантовых точек CdSe и CdS, стабилизированные олеиновой кислотой, были синтезированы из пересыщенного раствора в высококипящем неполярном растворителе - октадецене. В качестве прекурсоров использовали олеат кадмия и триоктилфосфин селенид (триоктилфосфин сульфид). Температура роста нанокристаллов составляла 260 °С для CdSe и 300 °С для CdS. Этот метод позволяет получать стабильные золи квантовых точек в гексане. Размер частиц CdSe и CdS, оценённый из спектров оптического поглощения, составил 3 и 5 нм соответственно, что согласуется с данными просвечивающей электронной микроскопии. Выход реакции составил около 50% для CdSe и 20% для CdS.

Показано, что рост оболочки CdS толщиной 0,4 нм на ядрах CdSe диаметром 3 нм приводит к 6-кратному (с 7% до 40%) увеличению квантового выхода люминесценции и сдвигу полос поглощения и эмиссии на 20 нм в красную область.

В работе синтезирована гетероструктура «ядро-оболочка» CdS/ZnSe. Спектры поглощения и эмиссии свидетельствуют об её принадлежности к типу II. Сдвиг экситонной полосы люминесценции составил 120 нм. Квантовый выход наночастиц CdS/ZnSe равен около 5%. Данные РФА свидетельствуют о том, что ядра CdS имеют кристаллическую решетку сфалерита, которая сохраняется и для оболочки ZnSe.

В ходе работы синтезированы прозрачные эффективно люминесцирующие (на длинах волн 585 нм и 625 нм) композиты на основе КТ CdSe/CdS и полиметилметакрилата (ПММА). Синтез проводился диспергированием коллоидных КТ в метилметакрилате с его дальнейшей полимеризацией. С помощью ПЭМ показано, что квантовые точки образуют агломераты в матрице ПММА, их размер зависит от концентрации введённых квантовых точек.

Получены композитные микросферы на основе полистирола и квантовых точек CdSe/CdS методом эмульсионной полимеризации стирола в присутствии соответствующих коллоидных нанокристаллов. Средний размер микросфер составил 200 нм, относительное стандартное отклонение размеров частиц – 20% (по данным РЭМ и динамического светорассеяния). Данные просвечивающей электронной микроскопии подтверждают присутствие наночастиц внутри полимерных микросфер.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОМЕРНОГО СОСТАВА ДИФТОРМЕТИЛЕНОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ФУЛЛЕРЕНА C₇₀

Н. А. Самойлова, О. О. Семивражская, Н. М. Белов, Н. С. Овчинникова, А. А. Горюнков

119991, г. Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова,

Фуллерены нашли применение во многих областях науки и техники. В настоящее время наибольший интерес вызывают возможности применения фуллереновых производных в органической фотовольтаике. Под действием света в системе «фуллереновое производное- донорный полимерный фрагмент» происходит электронный переход, приводящий к образованию состояния с разделенными зарядами. При этом фуллереновые соединения всегда выступают в качестве донора. Следовательно, актуальной становится задача получения и изучения фуллереновых производных с настраиваемыми электроакцепторными свойствами. Одним из путей такой настройки является внедрение в каркас мостикового CF₂-фрагмента.

Дифторметиленовые производные фуллерена C₆₀ были получены в 2007 году. [1] На основании данных ЯМР и квантово-химических расчетов было установлено, что данные соединения являются [6,6]-гомофуллеренами (в отличие от других дигалометанофуллеренов), способны обратимо принимать до трех электронов и образовывать долгоживущие моноанион-радикалы.[2] В то же время в литературе нет данных о дифторметиленовых производных второго по распространенности фуллерена C₇₀, и их исследование представляет собой актуальную научную задачу.

В данной работе впервые были синтезированы дифторметиленовые производные C₇₀ путем [2+1] циклоприсоединения синглетного дифторкарбена к фуллереновой сфере. Реакцию проводили в растворе дихлорбензола при 180 оС в присутствии катализатора межфазового переноса. Индивидуальные соединения были выделены при помощи ВЭЖХ и охарактеризованы методами МС МАЛДИ, спектроскопии поглощения в УФ и видимом диапазоне и спектроскопии ЯМР на ядрах ¹⁹F и ¹³C.

Теоретически, присоединение мостиковой группы к фуллерену C₇₀ может приводить к образованию 8 различных моноаддуктов. Мы установили, что при описанных выше условиях наблюдается образование трех различных изомеров моноаддукта (из которых один находится в следовых количествах), а также большого числа изомерных бис- и трисаддуктов. По данным спектроскопии ЯМР было установлено, что 2 доминирующих моноаддукта C₇₀(CF₂) представляют собой продукты присоединения дифторкарбена по одной из приполярных [6,6]-связей каркаса C₇₀, причем один из изомеров является метанофуллереном, а второй имеет структуру, близкую к гомофуллереновой, что согласуется с результатами квантово-химических расчетов. Строение первого моноаддукта подтверждено данными рентгоструктурного анализа.

Литература:

1. A.S. Pimenova, A.A. Kozlov, A.A. Goryunkov, V.Yu. Markov, P.A. Khavrel, S.M. Avdoshenko, I.N. Ioffe, S.G. Sakharov, S.I. Troyanov, L.N. Sidorov, Chem. Commun, 374 (2007).
2. Goryunkov A.A., Kornienko E.S., Magdesieva T.V., Kozlov A.A., Vorobiev V.A., Avdoshenko S.M., Ioffe I.N., Nikitin O.M., Markov V.Y., Khavrel P.A., Vorobiev A.K., Sidorov L.N. Dalton Trans, 6886 (2008).

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ФОРМИРОВАНИЕ НИКЕЛЕВЫХ ИНВЕРТИРОВАННЫХ ОПАЛОВ

Саполетова Н.А.^а, Напольский К.С.^{а,б}, Елисеев А.А.^а, Грунин А.А.^б, Федянин А.А.^б,
Третьяков Ю.Д.^{а,б}

^аФакультет наук о материалах МГУ им. М.В. Ломоносова, 119991, Ленинские горы, Москва

^бХимический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 119991, Ленинские горы, Москва

^бФизический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 119991, Ленинские горы, Москва

В настоящее время магнитные металлические инвертированные опалы привлекают внимание ученых благодаря уникальным магнитооптическим свойствам (эффект Керра). Такие материалы получают путем заполнения пустот коллоидных кристаллов (КК), состоящих из плотноупакованных сферических частиц, требуемым веществом с последующим удалением матрицы. В никелевых инвертированных опалах по сравнению с неструктурированными металлическими пленками происходит возбуждение поверхностных плазмон-поляритонов, что приводит к усилению эффекта Керра. Следует отметить, что условия возбуждения поверхностных плазмонов в большой степени определяются морфологией внешней поверхности и толщиной упорядоченной структуры. В связи с чем, важной задачей является прецизионный контроль толщины металлических инвертированных опалов, который достижим при использовании метода потенциостатического электрохимического осаждения.

Целью настоящей работы является оптимизация условий формирования никелевых инвертированных опалов с контролируемой морфологией внешней поверхности и исследование оптических и магнитооптических характеристик синтезированных образцов. Малодефектные коллоидные кристаллы на основе полистирольных микросфер ($D = 530$ нм) на проводящих подложках получали методом, основанным на использовании внешнего электрического поля для упорядочения частиц [1]. Полученные пленки КК были использованы в качестве матриц для синтеза инвертированных структур путем электрокристаллизации никеля в пустотах коллоидных кристаллов с последующим растворением матрицы в толуоле. Прецизионный контроль толщины никелевых инвертированных опалов осуществляли по внешнему виду хроноамперограмм, которые характеризовались осциллирующим поведением с постепенно уменьшающейся амплитудой [2]. Осцилляции связаны с периодической модуляцией площади пор матрицы. Их наблюдение возможно лишь при одновременном выполнении двух условий: (1) высокое качество коллоидного кристалла, (2) планарный фронт роста вдоль всей поверхности образца. По данным магнитооптических измерений наибольшее усиление (в 3 раза) магнитооптического эффекта Керра по сравнению с гладкой металлической пленкой наблюдается для образца никелевого инвертированного опала с толщиной $0,5 D$, где D – диаметр микросфер [3]. Полученные образцы никелевых инвертированных опалов могут найти применение в качестве элементарной базы для высокоскоростных оптических переключателей.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (грант № 14.740.11.0256) и РФФИ (грант № 10-03-01014-а)

Литература:

1. K. S. Napolskii, N. A. Sapoletova, D. F. Gorozhankin et al, *Langmuir* 2010, **26**, 2346.
2. N. Sapoletova, T. Makarevich, K. Napolskii et al. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2010, **12**, 15414.
3. A. A. Grunin, N. A. Sapoletova, K. S. Napolskii, A. A. Eliseev, A. A. Fedyanin, в печати.

КЕРАМИЧЕСКИЕ РЕЗОРБИРУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ, СОДЕРЖАЩИЕ ПИРОФОСФАТ КАЛЬЦИЯ

Сечейко П.А., Сафронова Т.В.

МГУ им. М.В.Ломоносова, Химический факультет, кафедра неорганической химии,
лаборатория неорганического материаловедения

Керамические материалы на основе гидроксиапатита (ГАп) и β -трикальций фосфата (β -ТКФ) широко применяют для устранения дефектов костной ткани. Такая керамика способствует восстановлению кости благодаря остеокондуктивным свойствам ГАп и высокому уровню резорбции β -ТКФ. В качестве альтернативной резорбируемой фазы в материале рассматривают и другие фосфаты кальция, в том числе пирофосфат кальция (ПФК) [1]. Наиболее распространенным способом получения ПФК является термическая конверсия брушита или монетита. Брушит, в свою очередь, может быть получен путем смешивания растворов, содержащих ионы Ca^{2+} и HPO_4^{2-} , при комнатной температуре и $\text{pH}=3-4,5$ [2]. О механосинтезе брушита или монетита ранее не сообщалось. Последний способ заключается в продолжительном помоле порошков в среде растворителя (чаще всего воды) или в его отсутствие [3]. В данной работе с помощью механической активации были получены порошки фосфатов кальция из гидрофосфата аммония и растворимых солей кальция (ацетат, нитрат, хлорид). Для каждой из трех пар прекурсоров варьировали время помола (от 1 до 4 часов) и объем добавляемой воды. Полученные порошки исследовали методом изотермических выдержек в температурном интервале $700-1100^\circ\text{C}$. Образцы керамики исследовали с помощью рентгенофазового анализа, растровой электронной микроскопии, ионометрии растворов. Фазовый состав керамики после термообработки представлен β -ПФК (для порошков, синтезированных из гидрофосфата аммония и нитрата или хлорида кальция), а также β -ПФК/ β -ТКФ (для порошка, синтезированного из гидрофосфата аммония и ацетата кальция). Исследование поведения образцов керамики в модельных средах показало, что все образцы проявляют биоактивность.

Литература:

1. Т.В. Сафронова, В.И. Путляев, М.А. Шехирев, А.В. Кузнецов. Композиционная керамика, содержащая биорезорбируемую фазу. *Стекло и керамика* 2007, **3**, 31-35.
2. Т. Каназава. Неорганические фосфатные материалы: Пер. с яп. - Киев: Наукова думка 1998.
3. U. Gbureck, O. Grolms, J.E. Barralet, L.M. Grover, R.Thull. Mechanical activation and cement formation of β -tricalcium phosphate. *Biomaterials* 2003, **24**, 4123-4131.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ НЕОДНОРОДНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ НАНОКОМПОЗИТА УНТ/TiO₂/Pt

Сиротина Анна Петровна

119991, Москва, Ленинские горы 1, стр. 3, химический факультет МГУ им. Ломоносова

Наноккомпозит, представляющий собой углеродные нанотрубки, покрытые диоксидом титана и наночастицами платины (УНТ/TiO₂/Pt), является перспективным катализатором окислительно-восстановительных процессов в твердополимерных топливных элементах (ТПТЭ) [1, 2]. Каталитический слой в ТПТЭ имеет площадь около 1 см² и толщину 15 – 20 мкм, что обуславливает необходимость определения степени неоднородности распределения компонентов наноккомпозита, так как неоднородности, сопоставимые по размеру с толщиной каталитического слоя, могут привести к понижению эффективности катализатора.

Целью работы является определение степени неоднородности распределения компонентов наноккомпозита УНТ/TiO₂/Pt методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), локального рентгеноспектрального анализа (ЛРСА). Совокупность вышеприведенных методов позволяет определить размер области анализа, в которой наблюдается неоднородность. Существует несколько возможных вариантов: неоднородность на уровне менее 1 мкм, более 0.5 мм, а также в интервале между этими значениями.

Данные ПЭМ позволяют определить средний размер наночастиц платины, а также равномерность их распределения по поверхности УНТ. В данной работе производилась съемка образцов УНТ/TiO₂/Pt на ПЭМ, результаты которой говорят о наличии областей на УНТ с различным распределением наночастиц платины. Диоксид титана, синтезируемый в результате гидролиза TiCl₄/CCl₄, является рентгеноаморфным и на снимках с ПЭМ не виден. Метод РФЭС предоставляет информацию как о количественном составе наноккомпозита, так и информацию о распределении элементов по поверхности образца (режим картирования). Оптимальная площадь анализа методом РФЭС составляет 300×700 мкм, глубина анализа около 3 нм в зависимости от элемента. В данной работе проведен количественный анализ наноккомпозита в различных точках его поверхности, результаты РФЭС отличаются друг от друга в пределах погрешности (0.2 - 0.3 ат%). Картирование поверхности показало, что существуют области размером около 50 мкм, содержащие преимущественно атомы титана. Метод ЛРСА является объемным методом с площадью анализа равной 1 мкм. Результаты количественного анализа методом ЛРСА, проведенного в разных точках поверхности наноккомпозита, резко отличаются, что говорит о неоднородности распределения компонентов на уровне 1 мкм.

Сопоставление данных, полученных от разных методов анализа, позволило сделать выводы о том, что размер области неоднородности находится в интервале от 1 мкм до 0.5 мм и составляет около 50 - 70 мкм. Результаты исследования дают повод для дальнейшей разработки методики синтеза наноккомпозита УНТ/TiO₂/Pt с более однородным распределением компонентов.

Литература:

1. Ch. Du, M. Chen, X. Cao, G. Yin, P. Shi, *Electrochemical Communications* 2009, **11**, 496.
2. Ch. Zhou, H. Wang, F. Peng, J. Liang, H. Yu, J. Yang, *Langmuir* 2009, **25**, 7711.

СФЕРИЧЕСКИЕ ЧАСТИЦЫ ДИОКСИДА ТИТАНА С ВЫСОКОЙ ПЛОЩАДЬЮ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ: ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА

Смирнов Е.А.^а, Матвеева М.А.^а, Челпанов В.И.^а, Гаршев А.В.^б

^а 119991, г. Москва, Воробьёвы Горы, 1, Факультет Наук о Материалах

^б 119991, г. Москва, Воробьёвы Горы, 1, Химический Факультет

Материалы на основе микросфер диоксида титана являются перспективными в качестве высокоэффективных сорбентов: в сорбции радионуклидов, высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), а также фотокатализе. С точки зрения практического применения наиболее важными характеристикам микросфер являются: сферическая микроморфология, активность поверхности и развитая пористая структура микрочастиц. Обычно синтез субмикронных сфер осуществляют в процессе реакции контролируемого гидролиза алкоксидов титана $Ti(OR)_4$, где $R = Et, Pr, iPr, nBu$, в неводных растворителях. Свойства продуктов, реакции гидролиза этих солей титана зависят от таких параметров как: температура, соотношения концентраций алкоксида титана и воды, скорости перемешивания, масштабного фактора и т.д. Для управления реакцией гидролиза представляется интересным использовать течение Куэтта-Тейлора, возникающее между двумя соосно вращающимися цилиндрами.

В настоящей работе нами предложен простой и дешёвый метод синтеза в режиме течения Куэтта-Тейлора высокоэффективных сорбентов на основе микросфер диоксида, а также исследован механизм реакции, приводящий к формированию микросфер.

По данные РЭМ в ходе реакции гидролиза *n*-бутилата титана образуются сферические частицы размером от 100 до 1500 нм в зависимости от концентрации реагентов и среднеквадратичным отклонением (PDI) по данным МДС от 6% до 20%, соответственно (Рис.1). Титрование по методу Фишера позволило установить первую стадию реакции гидролиза $Ti(O-nBu)_4$ и сделать предположение о механизме формирования микросфер. После синтеза микрочастицы подвергли гидротермальной обработке в различных условиях с целью формирования мезопористой структуры, при этом размер пор увеличился с 1-3 нм до 8-9 нм. Измерение механических характеристик как на микро-, так и на макроуровне показало, что материалы на основе микросфер TiO_2 превосходят материал сорбента на основе микросфер SiO_2 (Рис.2). Согласно данным, полученным в ходе изучения сорбции $Am(III)$ на указанных сорбентах, тестированию сорбента в колонках для ВЭЖХ, а также широкому диапазону рН-стабильности (от 2 до 14), материал на основе микросфер TiO_2 соответствует критериям, предъявляемым к высокоэффективным сорбентам.

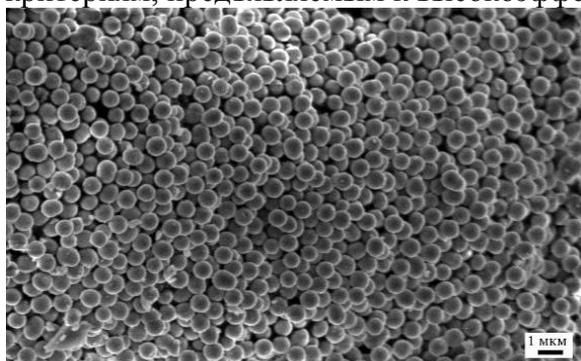


Рис. 1. Микросферы диоксида титана ($\langle d \rangle = 1130 \pm 136$ нм).

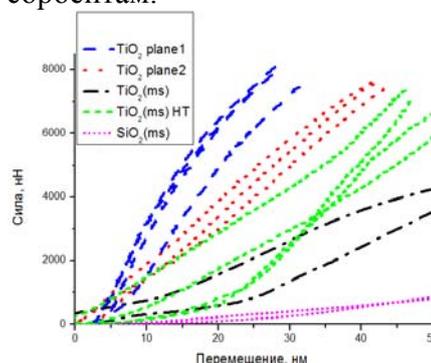


Рис. 2. Наноиндентирование микросфер диоксида титана.

**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ
ЗАМЕЩЕННЫХ ПО АНИОНУ ДВОЙНЫХ ФОСФАТОВ
 $\text{Li}_3\text{M}^{\text{III}}_2(\text{PO}_4)_{3-x}(\text{VO}_4)_x$ и $\text{Li}_{3-x}\text{M}^{\text{III}}_2(\text{PO}_4)_{3-x}(\text{MoO}_4)_x$, $\text{M}^{\text{III}} = \text{Sc, Cr}$**

Соловьев Олег Игоревич, Григорьев Дмитрий Александрович, Гилев Артём Сергеевич

119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3, ГСП-1, МГУ, химический факультет

Объектами исследования были твердые растворы замещения на основе двойных фосфатов лития-скандия и лития-хрома состава $\text{Li}_3\text{M}^{\text{III}}_2(\text{PO}_4)_3$. Они относятся к типичным представителям группы соединений с общей формулой $\text{M}^{\text{I}}_3\text{M}^{\text{III}}_2(\text{PO}_4)_3$, где $\text{M}^{\text{I}} = \text{Li, Na, Ag}$; $\text{M}^{\text{III}} = \text{Sc, Cr, Fe, In}$; и имеют каркасную структуру типа $\beta\text{-Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ или типа NASICON. У некоторых соединений из этой группы обнаружены сегнетоэлектрические (низкотемпературная модификация $\text{Na}_3\text{Sc}_2(\text{PO}_4)_3$) и ионопроводящие (высокотемпературная модификация $\text{Na}_3\text{Sc}_2(\text{PO}_4)_3$ и $\text{Li}_3\text{Sc}_2(\text{PO}_4)_3$) свойства. Широко известны разнообразные гомо- и гетеровалентные замещения в катионной части подобных фосфатов, а также замещения анионов PO_4^{3-} на EO_4^{4-} и AsO_4^{3-} , в то же время замещения на другие анионы типа EO_4^{n-} практически не изучали. Поэтому исследование возможности замещения фосфатных анионов на ванадатные и молибдатные анионы и свойств полученных объектов представляет значительный интерес, как в структурном, так и в материаловедческом аспекте.

Методом твердофазного синтеза был получен ряд однофазных поликристаллических образцов с различной степенью замещения. Они были исследованы методами рентгенофазового анализа (РФА), дифференциально-термического анализа (ДТА), сканирующей электронной микроскопии (СЭМ).

Основные результаты исследования

Состав	a, Å	b, Å	c, Å	β , °	d, мкм	σ , См/см
$\text{Li}_3\text{Sc}_2(\text{PO}_4)_3$	12.278(3)	8.809(3)	8.858(3)	90.00	2.0	$1 \cdot 10^{-8}$
$\text{Li}_3\text{Sc}_2(\text{PO}_4)_{2,4}(\text{VO}_4)_{0,6}$	12.433(3)	8.883(3)	8.852(3)	90.00	11.0	$1 \cdot 10^{-6}$
$\text{Li}_{2,4}\text{Sc}_2(\text{PO}_4)_{2,4}(\text{MoO}_4)_{0,6}$	12.459(3)	8.925(3)	8.905(3)	90.00	8.0	$1 \cdot 10^{-5}$
$\text{Li}_3\text{Cr}_2(\text{PO}_4)_3$	8.454(2)	8.551(3)	14.530(4)	125.15(2)	1.5	$3 \cdot 10^{-8}$
$\text{Li}_3\text{Cr}_2(\text{PO}_4)_{2,7}(\text{VO}_4)_{0,3}$	8.811(2)	4.136(1)	7.170(2)	122.79(2)	12.0	$3 \cdot 10^{-6}$
$\text{Li}_{2,7}\text{Cr}_2(\text{PO}_4)_{2,7}(\text{MoO}_4)_{0,3}$	8.814(3)	4.136(1)	7.162(2)	122.80(2)	7.5	$3 \cdot 10^{-6}$

Твердые растворы на основе $\text{Li}_3\text{Sc}_2(\text{PO}_4)_3$ кристаллизуются в орторомбической сингонии, $x \leq 0,6$, а на основе $\text{Li}_3\text{Cr}_2(\text{PO}_4)_3$ – в моноклинной, $x \leq 0,3$. Полиморфные превращения для всех образцов в интервале 20-800°C не обнаружены. Средний размер частиц в порошках возрастает на порядок при замещении фосфора на ванадий и несколько менее – на молибден. Методом холодного прессования с последующим спеканием получены керамики с плотностью 95-98% от рентгенографической, которые исследовали методом спектроскопии импеданса по двухэлектродной схеме, значения их удельной электрической проводимости варьировались от 10^{-8} до 10^{-5} См/см.

Таким образом, установлены пределы анионных замещений в исследуемых твердых растворах и возможность существенного улучшения характеристик полученных на их основе материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 09-03-00710-а.

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПАКТНЫХ РЕАКЦИОННО СВЯЗАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НЕСТЕХИОМЕТРИЧНОГО ГИДРОКСИАПАТИТА

Филиппов Я.Ю.¹, Ковалёва Е.С.^{1,2}, Путляев В.И.^{1,2}

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, Факультет наук о материалах

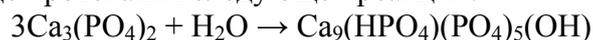
² МГУ им. М.В. Ломоносова, Химический факультет

Одной из проблем современного неорганического материаловедения является поиск новых материалов для замены костной ткани, утерянной вследствие различных факторов (болезни, раковые опухоли, операции, травмы и др.). В связи с появлением нового регенеративного подхода в медицине, который подразумевает полную интеграцию биоактивного материала в структуру костной ткани, важнейшей характеристикой наряду с прочностью стала скорость биорезорбции подобного материала. Классические керамические материалы обладают низкой скоростью биорезорбции и избыточной жесткостью, что негативно сказывается на процессе регенерации и потенциально может вызывать воспалительные процессы. Цементы, несмотря на высокие биологические характеристики и удобство в использовании, обладают недостаточной прочностью и могут разрушаться в процессе эксплуатации. Компромиссным решением является использование реакционно связанных материалов, которые сочетают в себе высокую биоактивность и приемлемые механические характеристики.

Альфа-трехкальциевый фосфат (α -ТСР), в силу своей относительно высокой растворимости, широко используется во многих реакциях цементаобразования и химического связывания с образованием менее растворимых фосфатов кальция. Его получают твердофазным методом, согласно приведенной ниже реакции:



α -ТСР был использован в качестве прекурсора для приготовления исходной пасты, которая после прессования под давлением 300 МПа набирала прочность в воде в течение различного времени (6, 12, 18, 24, 72 часа) с образованием нестехиометричного гидроксиапатита в ходе протекания следующей реакции:



Дистиллированная вода, раствор цитрата натрия (0.5 М) и раствор поливинилового спирта (50 г/л) были использованы в качестве затворяющей жидкости для приготовления исходных паст совместно с α -ТСР. Кроме того, была реализована возможность создания композиционных химически связанных материалов, армированных волокнами кетгута.

Анализ степени превращения по данным РФА показал практически полное протекание реакции уже через 24 часа в случае воды и ПВС и только через 72 часа в случае использования цитрата натрия в качестве жидкости затворения. Также, анализ микроструктуры показал образование частиц нестехиометричного гидроксиапатита меньшего размера в случае использования цитрата натрия.

Полученные прессованные цементы показали высокие механические характеристики (~90 МПа на сжатие) при использовании воды и цитрата натрия в качестве затворяющей жидкости. В случае ПВС прочность оказалась несколько ниже (~60 МПа).

Армирование случайно ориентированными волокнами кетгута привело к уменьшению прочности на сжатие (~60 МПа и 30 МПа при использовании волокон длиной 2 и 8 мм соответственно), что говорит о его низких механических характеристиках в качестве армирующего волокна и необходимости поиска альтернативы, либо использования определенного типа укладки волокон.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ БИОСОВМЕСТИМЫХ КРЕМНИЕВЫХ НАНОЧАСТИЦ СО СТАБИЛЬНЫМИ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Харин А.Ю., Гонгальский М.Б.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Кафедра общей физики и молекулярной электроники физического факультета

Возможность использования наночастиц для диагностики и лечения заболеваний открывает перспективы для их применения. Однако, лучше всего исследованные металлические наночастицы (в том числе квантовые точки) или наночастицы оксидов металлов плохо соответствуют требованиям биосовместимости или биodeградируемости [1]. Кремниевые наночастицы могут являться приемлимой альтернативой их использованию [2]. Кремниевые наночастицы обладают яркой люминесценцией в видимой и ближней ИК области, в диапазоне прозрачности человеческого тела, что позволяет использовать их в качестве биологических меток.

Кремниевые наночастицы, однако, обладают малым (2 суток) временем жизни в водной среде. Для биомедицинских применений важно поведение кремниевых наночастиц при рН близком к 6. В этом случае время жизни частиц падает до нескольких часов. Для увеличения времени жизни а также изменения их размеров, наночастицы могут быть покрыты биосовместимым ПАВ.

Пленка пористого кремния были получены методом электрохимического травления монокристалла кремния в плавиковой кислоте. Для измельчения, она была подвергнута ультразвуковой обработке в течение 4 часов. Для предотвращения агломерации и увеличения времени жизни наночастиц в водной среде, они были покрыты биосовместимым полимером PLGA (poly-lactide-co-glycolic acid). Так как этот полимер является гидрофобным, частицы были покрыты также поливиниловым спиртом. Полученные образцы изучались методами растровой электронной микроскопии и динамического светорассеяния. Также были получены спектры фотолюминесценции и поглощения в видимой области, а также временные зависимости размеров частиц и их фотолюминесценции.

В результате измерений было обнаружено, что при покрытии наночастиц, интенсивность их фотолюминесценции изменяется незначительно, а размер уменьшается от 400 до 240 нм. С течением времени в водной среде размер непокрытых частиц уменьшается (с 400 до 260 нм за 14 суток). Размер же покрытых частиц остается постоянным. Интенсивность фотолюминесценции непокрытых частиц быстро падает с течением времени. Интенсивность фотолюминесценции покрытых наночастиц значительно возрастает с течением времени (в 6 раз за 14 суток).

Таким образом, было показано, что покрытие кремниевых наночастиц биосовместимым полимером позволяет как увеличить время их жизни, так и интенсивность их фотолюминесценции. Увеличение интенсивности свечения может быть связано с медленным окислением кремния на поверхности. Растворение же кремния в этом случае затруднено.

Литература:

1. Michalet X. Quantum Dots for Live Cells, In Vivo Imaging, and Diagnostics// Science . – 2005 – 307 – 538-544.
2. Sailor M. J Biodegradable luminescent porous silicon nanoparticles for in vivo applications// Nature materials. – 2009. – 8. – 331-336.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОДНОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК, ЗАПОЛНЕННЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Харламова М.В.^а, Елисеев А.А.^а, Яшина Л.В.^{б,в}, Лукашин А.В.^а, Третьяков Ю.Д.^а

^а*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Факультет наук о материалах, 119991, Ленинские горы 1-3, Москва, Россия*

^б*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Химический факультет, 119992, Ленинские горы 1-3, Москва, Россия*

^в*ОАО “Гиредмет”, 119017, Б. Толмачевский 5, Москва, Россия*

Большой интерес исследователей к одностенным углеродным нанотрубкам (ОСНТ) обусловлен их уникальными физическими свойствами, зависящими от диаметра и хиральности нанотрубок, в сочетании с их необычным механическим поведением. В связи со сложностью получения ОСНТ заданной хиральности, перспективным является развитие методов направленного изменения электронной структуры нанотрубок. Одним из таких подходов является заполнение внутреннего канала одностенных углеродных нанотрубок металлическими или полупроводниковыми материалами. При этом внедрение донора электронов (с уровнем Ферми, расположенным в зоне проводимости ОСНТ) в каналы металлических нанотрубок может привести к увеличению электронной плотности на стенках нанотрубок, что проявится в увеличении проводимости нити композита, в то время как внедрение акцептора электронов (с уровнем Ферми ниже уровня Ферми ОСНТ) может вызвать переход системы в полупроводниковое состояние.

В связи с этим, целью данной работы является разработка методов направленной модификации электронной структуры ОСНТ путем заполнения их внутренних каналов галогенидами цинка, марганца и кадмия и халькогенидами олова, висмута и галлия и исследование влияния химической природы внедряемых соединений на электронную структуру одностенных углеродных нанотрубок.

Метод синтеза наноструктур “одномерный кристалл-ОСНТ” заключался в заполнении внутренних каналов одностенных углеродных нанотрубок расплавами выбранных соединений с последующим медленным охлаждением для достижения лучшей кристаллизации наночастиц в каналах ОСНТ.

Согласно данным просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения, заполнение нанотрубок расплавами солей приводит к формированию одномерных нанокристаллов во внутренних каналах ОСНТ. Методами спектроскопии комбинационного рассеяния и спектроскопии оптического поглощения установлено влияние внедренных соединений на электронную структуру нанотрубок. Показано, что взаимодействие между интеркалированными соединениями и стенками ОСНТ определяется химической природой вводимых материалов. Методом рентгеновской абсорбционной спектроскопии установлено, что при заполнении ОСНТ галогенидами цинка, марганца и кадмия происходит возникновение химического связывания. Кроме того, для металлических ОСНТ при внедрении нанокристалла наблюдается переход в полупроводниковое состояние. Согласно данным рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, во всех полученных наноконкомпозитах, кроме ОСНТ, заполненных халькогенидами олова, происходит перенос электронной плотности со стенок нанотрубок на внедренные нанокристаллы, что приводит к изменению работы выхода электронов и сдвигу уровня Ферми ОСНТ. При этом эффективность переноса заряда и, соответственно, величина сдвига уровня Ферми, зависит от химической природы внедряемого соединения.

ПОЛУЧЕНИЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК SrF_2 И CeO_2 НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЛЕНТАХ МЕТОДОМ МОСVD

Чепиков Всеволод Николаевич

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119899, Москва,
Воробьевы горы, д. 1*

ВТСП-провода второго поколения представляют собой текстурированную пленку сверхпроводника $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ на поверхности гибкой металлической ленты. Между лентой и сверхпроводником обязательно должны присутствовать так называемые буферные слои, предотвращающие взаимодействие ленты и ВТСП. Важнейшим требованием к буферным слоям является наличие двуосной текстуры, обеспечивающей последующий эпитаксиальный рост слоя ВТСП, необходимый для получения пленки ВТСП с высокой критической плотностью тока.

Целью данной работы являлось получение всех необходимых буферных слоев требуемого качества с использованием метода химического осаждения из паровой фазы (МОСVD) на длинномерных подложках. На сегодняшний день существуют технологии получения буферных слоев за счет “физических” методов (таких как импульсное лазерное осаждение (PLD), магнетронное распыление, осаждение с одновременным травлением ионным пучком (IBAD)), требующих высокого или сверхвысокого вакуума и дорогостоящего оборудования. Применение МОСVD вместо них позволит значительно снизить себестоимость получения ВТСП-проводов второго поколения и приблизить их широкое практическое применение.

В качестве завершающего слоя буферной архитектуры нами был выбран оксид церия, имеющий хорошие эпитаксиальные соотношения с $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$. В ходе выполнения работы была создана CVD-установка, особенностями которой являются: возможность осаждения пленок в режиме перемотки ленты, нагрев подложки пропускаемым через нее током, использование атмосферного воздуха в качестве газ-носителя и газа-реагента. Данная установка позволила обеспечить эпитаксиальный рост двуосно-текстурированных пленок фторида стронция и диоксида церия. Анализ текстуры получаемых пленок проводился методами рентгеновской дифракции ($2\theta/\omega$ -, ϕ -, ω -сканирование) и дифракции обратно-рассеянных электронов (EBSD). Морфология поверхности исследовалась методами атомно-силовой микроскопии и сканирующей электронной микроскопии.

Нами была продемонстрирована возможность использования для осаждения пленок ВТСП следующей архитектуры буферных слоев: $\text{CeO}_2/\text{SrF}_2/\text{MgO}/\text{NiCrW}$. Была обоснована необходимость наличия в такой структуре каждого из упомянутых слоев и продемонстрирована ее достаточность для эпитаксиального роста пленки ВТСП. В ходе работы была проведена оптимизация условий процесса осаждения пленок со структурой флюорита (SrF_2 и CeO_2). Разработанная нами система буферных слоев позволяет обеспечить эпитаксиальный рост $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ методом МОСVD на ее поверхности. При этом пленка сверхпроводника обладает острой биаксиальной текстурой. Температура сверхпроводящего перехода превышает температуру кипения азота, а критический ток составляет примерно 30 А на см ширины ленты для пленки $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ толщиной порядка 1 мкм.

СИНТЕЗ НАНОСТЕРЖНЕЙ ОКСИДА ЦИНКА ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ

Шестаков М.В.^а, Баранов А.Н.^б

^аФакультет Наук о Материалах, МГУ им. М.В. Ломоносова

^бХимический факультет, МГУ им. М.В. Ломоносова

Большой интерес, появившийся к оксиду цинка в последнее время, связан с возможностью создания на его основе светоизлучающих диодов и фотодетекторов для УФ диапазона, прозрачных транзисторов на тонких пленках, газовых сенсоров и прозрачных электродов для солнечных батарей. Среди преимуществ перед другими материалами можно назвать большую ширину запрещенной зоны и рекордную среди бинарных полупроводников энергию связи экситонов (60 мэВ). В настоящее время существует множество методик позволяющих синтезировать наностержни оксида цинка, например, гидротермальный синтез, растворные методики, метод термического роста из солевой матрицы и синтез из газовой фазы. Все эти методы имеют свои преимущества и недостатки. В любом случае, критерием качества методики являются люминесцентные свойства, которые значительно ухудшаются в случае высокой концентрации дефектов и примесей. Используя, метод синтеза наностержней из газовой фазы становится возможным контролируемо получать наностержни с превосходными оптическими свойствами.

Наностержни оксида цинка были получены по следующей методике. Навеску цинка в алундовой лодочке помещали в конец запаянной с одной стороны кварцевой ампулы. С открытой стороны на верхней стенке ампулы имелась широкая щель, напротив которой располагали кремниевые подложки. Ампулу помещали в горизонтальный кварцевый реактор, который находился в двухзонной печи таким образом, чтобы цинк находился в первой зоне, а подложки - во второй. Сначала из реактора откачивали воздух и пускали аргон. Давление в системе было 1 мбар. Затем доводили до рабочего значения температуру во второй зоне до нужного значения, после чего поднимали температуру в первой зоне. После этого в систему подавали поток кислорода. На этой стадии происходило осаждение оксида цинка на подложку.

Полученные наностержни оксида цинка были охарактеризованы методами РЭМ, РФА, фото- и катодолюминесценции. В ходе работы, было установлено, что степень ориентации стержней зависит от положения подложки относительно источника цинка. Длина наностержней составляет от 1 до 4 мкм, а диаметр от 50 до 100 нм. Стержни имеют направление роста [001]. Люминесцентные свойства синтезированных образцов сильно зависят от положения подложки по отношению к источнику цинка. Соотношение пика в УФ и зеленой области определяется недостатком кислорода и образованием кислородных вакансий.

ПОИСК НОВЫХ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ СРЕДИ КОМПЛЕКСОВ ТЕРБИЯ С ОРТО-ФОСФОРИЛИРОВАННЫМИ ФЕНОЛАМИ

С.В. Шуваев^а, А.А. Ващенко^б

^а*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,*

Факультет наук о материалах, Москва, Россия

^б*Физический институт им. П.Н.Лебедева Российской академии наук, Москва, Россия*

КС РЗЭ с ароматическими орто-фосфорилированными фенолами представляют интерес как потенциальные кандидаты в электролюминесцентные материалы. Во-первых, наличие фосфорильной и гидроксильной группы в β -положении наводит на мысль о способности к образованию прочных хелатных комплексов РЗЭ. Во-вторых, присутствие трех ароматических заместителей должно способствовать эффективному переносу энергии с триплетного уровня лиганда на соответствующие резонансные уровни иона РЗЭ (в частности, трифенилфосфиноксид при введении в качестве нейтрального лиганда существенно сенсibiliзирует люминесценцию комплекса). Однако до сих пор не были известны комплексы РЗЭ с ароматическими орто-фосфорилированными фенолами.

Настоящая работа посвящена получению КС тербия (III) с фосфорилфенольными лигандами – ди(п-толил)(о-гидроксифенил)фосфин оксид (HL^1) и ди(фенил)(о-гидрокси, п-этилфенил)фосфин оксид (HL^2), и исследованию их фото- и электролюминесцентных свойств.

КС тербия были синтезированы через стадию образования солей лигандов с щелочными металлами (ML) – лиганды HL депротонировали эквимольным количеством MOH в водно-спиртовом растворе. Факт образования солей был подтвержден методами C,H,N-анализа и 1H и ^{31}P ЯМР спектроскопии. При взаимодействии ML с солями РЗЭ были выделены кристаллогидраты комплексов $LnL_3 \cdot 2H_2O$ ($Ln = Eu, Tb, Lu$). Полученные соединения были идентифицированы методами C,H,N-анализа, ИК, ЯМР и MALDI-спектроскопии. Проведена оценка термической стабильности полученных соединений и обнаружена способность к образованию тонких пленок методом PVD.

Получены спектры фотолюминесценции LnL_3 ($Ln = Eu, Tb$), свидетельствующие об эффективном переносе лиганд-металл в случае комплексов тербия. В качестве фотофизических характеристик были измерены времена жизни возбужденного состояния $Tb(L^1)_3$ и $Tb(L^2)_3$ (около 0,6 и 0,9 мс), оценены значения энергии триплетных уровней лигандов (около 23500 см^{-1}).

Для оценки перспектив практического применения комплексов тербия в качестве материала активного слоя методом PVD был изготовлен органический светодиод (OLED) со структурой ITO/CuPc/ $Tb(L^2)_3$ /Yb. В полученных спектрах электролюминесценции присутствуют только полосы ионной люминесценции комплекса $Tb(L^2)_3$. Дальнейшие усилия по совершенствованию полученного устройства будут направлены на уменьшение или увеличение, соответственно, полученных к настоящему времени величин напряжения включения (7 В) и яркости (60 Кд/м^2).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №09-03-00850).

ПОЛУЧЕНИЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК ФТОРИДОВ ЩЗЭ И ГЕТЕРОСТРУКТУР С ИХ УЧАСТИЕМ МЕТОДОМ МОСVD С ПАРАМИ ВОДЫ

Щукин А.Е.^а, Макаревич А.М.^б

*^аМосковский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
химический факультет, Москва, Россия*

*^бМосковский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
факультет наук о материалах, Москва, Россия*

В настоящее время активно развивается технология получения ВТСП-проводов второго поколения, которые представляют собой протяженные тонкопленочные гетероструктуры на биаксиально текстурированных металлических лентах из сплавов на основе никеля (RABiTS). При этом одной из важных практических задач является синтез сложных буферных архитектур на основе оксидов, которые сохраняют текстуру подложки и предохраняют ее от окисления. Для их получения эффективно использование промежуточных слоев из фторидов ЩЗЭ, способствующих эпитаксиальному сращиванию оксидных фаз за счет образования твердых растворов с минимальным рассогласованием кристаллографических параметров. Получение пленок фторидов осложняется использованием агрессивных фторирующих агентов, либо дорогостоящих установок физических методов нанесения. Альтернативный подход заключается в использовании химического метода газофазного осаждения из летучих металл-органических прекурсоров (МОСVD, Metal-Organic Chemical Vapor Deposition), в составе которых присутствуют необходимые компоненты пленки. В стандартном варианте метода МОСVD осаждение проводится при температурах около 800°C в окислительной атмосфере, что приводит к окислению металлических подложек и ухудшению текстуры. Понижения температуры превращения прекурсора в тонкопленочный материал можно добиться добавлением в реакционный объем паров воды, которые активируют процесс разложения молекул металл-органических комплексов на поверхности подложки и способствуют удалению органических фрагментов в виде сложных молекул.

В данной работе для нанесения пленок фторидов ЩЗЭ методом МОСVD использовали разнолигандные комплексы (РЛК) на основе гексафторацетилацетона $M(hfa)_2(tetraglyme)$ ($M = ЩЗЭ$; $Nhfa = 1,1,1,5,5,5$ -гексафтронептан-2,4-дион; $tetraglyme =$ диметилловый эфир тетраэтиленгликоля), обладающие высокой летучестью и стабильностью при хранении. Изучено термическое поведение РЛК в различных условиях. Методом масс-спектрометрии с ионизацией электронным ударом определены зависимости давления их насыщенного пара от температуры. Показано, что в условиях пиролизного гидролиза из пара разнолигандных гексафторацетилацетонатов осаждение текстурированных пленок фторидов ЩЗЭ на монокристаллические подложки происходит при температурах 350-400°C. Методом рефлектометрии установлено, что введение паров воды в реакционную зону приводит к значительному увеличению скорости роста фторидных. Данные пленки успешно использованы для создания фторид-фторидных и фторид-оксидных гетероструктур. Таким образом, предложена новая эффективная методика нанесения пленок фторидов ЩЗЭ из газовой фазы при низких температурах (< 400°C), что может найти применение в развитии технологии изготовления ВТСП-проводов второго поколения.

Работа выполнена при финансовой поддержке ЗАО «СуперОкс» г. Москва.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВ СОБСТВЕННЫХ И ЛЕГИРОВАННЫХ МЕДЬЮ КОЛЛОИДНЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧКАХ СУЛЬФИДА КАДМИЯ

Татьяна Юрьевна Сачкова¹, Сергей Геннадиевич Дорофеев²

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,

¹Факультет наук о материалах

²Химический факультет

Коллоидные квантовые точки (ККТ) перспективны для создания люминесцентных биометок, фотоприемников, лазеров, оптических усилителей. Для использования ККТ в качестве биометок необходим улучшенный контраст наблюдения, один из вариантов достижения которого реализуется в случае, когда наблюдаемое излучение находится в диапазоне наибольшей прозрачности тканей, то есть диапазоне ближнего ИК-излучения. Нарращивание оболочек и легирование примесями – эффективные способы смещения диапазона люминесценции в сторону ИК-диапазона.

Авторами синтезированы ККТ сульфида кадмия на основе олеатного метода [1]. Для полученных ККТ было обнаружено воспроизводимое распределение дефектов: мелкие акцепторы и мелкие доноры.

Проводилось легирование предварительно полученных ККТ медью, взятой в виде стеарата меди, при комнатной температуре, варьировалось соотношение ККТ и медного прекурсора. Методика проведения реакции [2] была усовершенствована, что позволило упростить выделение легированных ККТ.

Была исследована реакция высокотемпературного легирования ККТ сульфида кадмия медью в ходе синтеза [1], в том числе с последующим наращиванием кадмий-халькогенидной оболочки с различным соотношением ядро-оболочка.

Все полученные образцы были выделены и охарактеризованы методами люминесцентной спектроскопии и спектроскопии поглощения, а также методом просвечивающей электронной микроскопии. Полученные данные позволили уточнить модель [3] люминесценции, связанной с медной примесью в ККТ халькогенидов кадмия.

Литература:

- 1) R. V. Vasiliev, S. G. Dorofeev, D. N. Dirin, D. A. Belov and T. A. Kuznetsova, *Mendeleev Commun.*, 2004, 169.
- 2) Тананаев П. Н., диссертация на соискание ученой степени канд. хим. наук «Квантовые точки селенида кадмия, легированные медью», химический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова.
- 3) R. W. Meulenberg, T. van Buuren, K. M. Hanif, T. M. Willey, G. F. Strouse and L. J. Terminello, *Nano Lett.*, 2004, 4, 2277.

ВЛИЯНИЕ ТЕКСТУРИРОВАННЫХ ЗАТРАВОК НА МОРФОЛОГИЮ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАССИВОВ НАНОСТЕРЖНЕЙ ZnO, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ИЗ РАСТВОРА И ГАЗОВОЙ ФАЗЫ

Плахова Т.В., Шестаков М.В., Баранов А.Н.

119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, д. 1, стр. 3, Химический факультет, каф. Неорганической химии, лаб. Неорганического материаловедения

Оксид цинка - широкозонный полупроводник ($E_g=3.37$ эВ), обладающий рекордно большой энергией связи экситона (60 мэВ). Он является объектом не только фундаментальных исследований, но и перспективным материалом для применения в технике в связи с его сравнительно недорогим и экологически безопасным производством. Важной задачей, при разработке устройств на основе ZnO, является получение ориентированных массивов наностержней.

В большинстве методик синтеза таких массивов важную роль играет предварительная подготовка поверхности для роста наностержней. Форма отдельного нанокристалла ZnO и ориентация всего массива в целом очень чувствительна к состоянию поверхности, на которой происходит рост. Преимущество по отношению к другим способам предобработки подложек имеет методика разложения плёнки ацетата цинка, позволяющая получить тонкий слой зародышей ZnO размером до 30 нм, текстурированных вдоль оси быстрого роста оксида цинка.

В настоящей работе мы исследовали влияние нанесения зародышей, на морфологию и оптические свойства наностержней, выращенных из раствора и газовой фазы.

Нанесение зародышей, проводилось путем разложения ацетат цинка на поверхности кремния, с целью получения *c*-ориентированных затравок. Для этого на кремниевую подложку нанесли несколько капель раствора ацетата цинка в спирте и высушили. Затем подложку промыли в спирте и отжигали в течение 30 минут при 350°C (температура окончания разложения ацетата в соответствии с данными термогравиметрии). Рентгенофазовый анализ показал, что наночастицы оксида цинка на подложке имеют преимущественную ориентацию вдоль направления 001.

Для роста наностержней из раствора подложку со слоем зародышей поместили в герметичный сосуд и залили смесью 20% водного раствора этилендиамина $(\text{NH}_2)_2\text{C}_2\text{H}_2$ и 0.5М водного раствора ацетата цинка $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$. Сосуд поместили в сушильный шкаф при температуре 110°C на 2 ч.

Синтез массива наностержней из газовой фазы производился в двухзонной трубчатой печи в атмосфере аргона и кислорода (концентрация кислорода 25 об.%). Температуры первой и второй рабочих зон 620°C и 570°C соответственно. В качестве прекурсора использовали цинковую пыль. Синтез проводили в течение 20 мин.

По данным РФА все образцы имеют текстуру вдоль направления 001, что свидетельствует о росте наностержней вдоль кристаллографической оси *c* перпендикулярно подложке. По микрофотографиям скола подложки сделан вывод об отсутствии дефектного поликристаллического слоя между наностержнями и подложкой.

Анализ спектров фотолюминесценции образцов, синтезированных из газовой фазы на подложках с затравками и без них показал, что использование зародышей роста приводит к значительному возрастанию интенсивности УФ-люминесценции и снижению интенсивности «дефектной» люминесценции.

**РАБОТЫ, ПРИНИМАЮЩИЕ УЧАСТИЕ В КОНКУРСЕ ПО
ПРОГРАММЕ «Участник молодежного научно-инновационного
конкурса» («У.М.Н.И.К.»)**

	УЧАСТНИК	НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА
1	Бородин Николай Сергеевич	Особенности формирования и структура сверхрешеток полупроводниковых наночастиц
2	Чепиков Всеволод Николаевич	Получение эпитаксиальных пленок SrF ₂ и CeO ₂ на металлических лентах методом MOCVD
3	Гиль Дмитрий Олегович	Фотокаталитическая активность нанокристаллического диоксида церия
4	Грачева Надежда Николаевна	Сорбция Am(III) на поверхности микросфер оксида титана (TiO ₂)
5	Климашина Елена Сергеевна	Осаждение гидроксиапатита из 5×SBF на поверхности титановых образцов
6	Кукуева Елена Вячеславовна	Термолизированный октакальциевый фосфат и резорбируемые керамические материалы на его основе
7	Кузнецов Илья Игоревич	Влияние упорядоченности структуры анодного оксида алюминия на заполнение каналов металлической фазой
8	Мартынова Наталья Александровна	Электрохимическое формирование металлических (Au/Ni) инвертированных опалов
9	Мокрушина Анна Валерьевна	Высокоэффективные электрохимические микросенсоры на основе берлинской лазури для решения задач in vivo диагностики
10	Осипов Николай Николаевич	Катализатор гидрирования непредельных и нитросоединений на основе карбоксилированных углеродных наноматериалов
11	Росляков Илья Владимирович	Разработка наноструктурированных чувствительных элементов планарных газовых сенсоров на основе пленок пористого оксида алюминия.
12	Шуваев Сергей Викторович	Поиск новых электролюминесцентных материалов среди комплексов тербия с орто-фосфорилированными фенолами
13	Смирнов Евгений Алексеевич	Сферические частицы диоксида титана с высокой удельной площадью поверхности: получение и свойства
14	Соловьев Олег Игоревич	Синтез и исследование свойств замещенных по аниону двойных фосфатов Li ₃ MIII ₂ (PO ₄) _{3-x} (VO ₄) _x и Li _{3-x} MIII ₂ (PO ₄) _{3-x} (MoO ₄) _x , MIII = Sc, Cr
15	Сачкова Татьяна Юрьевна	Сравнительное исследование люминесцентных свойств собственных и легированных медью коллоидных квантовых точек сульфида кадмия
16	Калякина Алена Сергеевна	Криолюминесценция ароматических карбоксилатов европия и тербия: проблемы и перспективы
17	Евдокимов Павел Владимирович	Биорезорбируемые материалы на основе двойных фосфатов кальция и щелочных металлов
18	Капитанова Олеся Олеговна	Наноструктуры на основе оксида цинка и графена/оксида графена

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ

Конференция проводится в пансионате «УНИВЕРСИТЕТСКИЙ» Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, расположенного по адресу: Московская область, Одинцовский р-н, г. Звенигород, п.о. Елочка, дер. Волково



Проезд на автомобиле

Минское шоссе: на 62 км в районе Кубинки направо, далее проездом через Старый Городок, Никольское, Троицкое и Рязань до дер. Волково.

Новорижское шоссе: на 48 км поворот направо на Звенигород. В Звенигороде по мосту пересечь Москва-реку, на первом перекрестке направо и далее проездом через Шихово, Луцино и Гигирево.

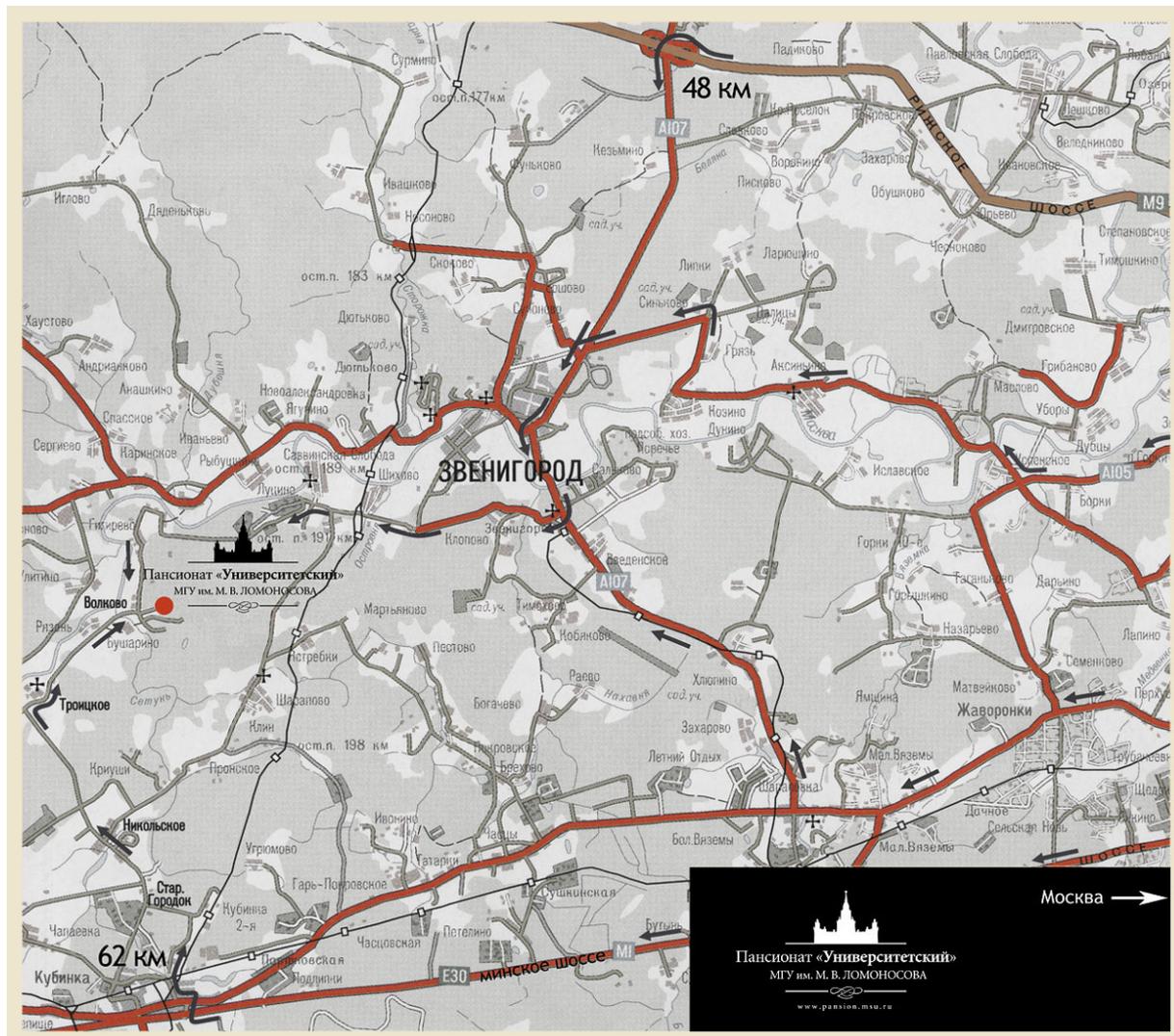
Рублево-Успенское шоссе: на 20 км поворот направо на Николину Гору, затем по указателям до Звенигорода. Далее до дер. Волково проездом через Шихово, Луцино и Гигирево.

Можайское шоссе: проездом через Одинцово до поста ГАИ в Малых Вязьмах. Затем направо на Звенигород. После ж/д станции Звенигород первый поворот налево, далее 19 км прямо до дер. Волково.

Проезд на общественном транспорте

От Белорусского вокзала до ж/д станции Звенигород. Далее на автобусе № 24 до дер. Волково. Затем от кафе "Чайхана" пешком по указателю "Университетский".

СХЕМА ПРОЕЗДА В ПАНСИОНАТ «УНИВЕРСИТЕТСКИЙ»



РАСПИСАНИЕ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ МОСКВА — ЗВЕНИГОРОД *

Москва Смоленская	Звенигород	В пути	Режим движения	Станция отправлени я	Станция прибытия
04:47	06:07	1 ч 20 м	ежедневно	Москва Смоленская	Звенигород
06:17	07:37	1 ч 20 м	ежедневно	Лобня	Звенигород
07:23	08:36	1 ч 13 м	ежедневно	Дубна	Звенигород
08:35	09:48	1 ч 13 м	ежедневно	Москва Смоленская	Звенигород
09:36	10:55	1 ч 19 м	ежедневно	Москва Смоленская	Звенигород
10:40	12:01	1 ч 21 м	ежедневно	Москва Смоленская	Звенигород
12:00	13:21	1 ч 21 м	по выходным	Москва Смоленская	Звенигород
13:14	14:33	1 ч 19 м	ежедневно	Москва Смоленская	Звенигород
14:35	15:56	1 ч 21 м	по рабочим	Лобня	Звенигород
14:35	15:56	1 ч 21 м	по выходным	Икша	Звенигород
16:11	17:31	1 ч 20 м	ежедневно	Москва Смоленская	Звенигород
17:34	18:49	1 ч 15 м	ежедневн о	Красный Строитель	Звенигород
18:29	19:49	1 ч 20 м	ежедневн о	Икша	Звенигород
19:10	20:10	1 ч	по рабочим	Москва Смоленска я	Звенигород
20:16	21:37	1 ч 21 м	ежедневн о	Москва Смоленска я	Звенигород
21:31	22:51	1 ч 20 м	ежедневн о	Москва Смоленска я	Звенигород
22:45	00:07	1 ч 22 м	ежедневн о	Икша	Звенигород

* Информация с сайта <http://www.tutu.ru>

РАСПИСАНИЕ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ЗВЕНИГОРОД —МОСКВА

Звенигород	Москва Смоленская	В пути	Режим движения	Станция прибытия
04:54	06:16	1 ч 22 м	по рабочим	Щербинка
04:54	06:16	1 ч 22 м	по выходным	Москва Смоленская
05:24	06:50	1 ч 26 м	ежедневно	Москва Смоленская
06:32	07:49	1 ч 17 м	по выходным	Москва Смоленская
06:32	07:49	1 ч 17 м	по рабочим	Подольск
07:00	08:00	1 ч	по рабочим	Москва Смоленская
07:54	09:12	1 ч 18 м	ежедневно	Савелово
08:51	10:13	1 ч 22 м	ежедневно	Лобня
10:11	11:25	1 ч 14 м	ежедневно	Москва Смоленская
11:17	12:33	1 ч 16 м	ежедневно	Москва Смоленская
12:35	13:55	1 ч 20 м	по выходным	Москва Смоленская
13:48	15:10	1 ч 22 м	ежедневно	Красный Строитель
15:03	16:18	1 ч 15 м	ежедневно	Москва Смоленская
16:20	17:40	1 ч 20 м	ежедневно	Икша
17:47	19:02	1 ч 15 м	ежедневно	Икша
19:05	20:20	1 ч 15 м	ежедневно	Москва Смоленская
20:18	21:33	1 ч 15 м	ежедневно	Москва Смоленская
21:57	23:12	1 ч 15 м	ежедневно	Москва Смоленская

АВТОРСКИЙ ИНДЕКС

Адаменков А.А.	1	Калмыков С.Н.	11
Акинфиев В.С.	2	Калякина А.С.	20
Баранов А.Н.	21, 57, 61	Капитанова О.О.	21
Белич Н.	41	Карпова Е.В.	8
Белов Н.М.	47	Карякин А. А.	7, 38
Беляева Л.А.	3	Кладова А.В.	22
Бойцова О.В.	45	Климашина Е.С.	23
Борисова А.В.	25	Клюев М.В.	40
Бородинов Н.С.	4	Ковалёва Е.С.	53
Булдаков Д.А.	5	Колесник И.В.	10
Ваганов В.Е.	40	Колчина Л.М.	24
Васильев А.В.	6, 14	Комкова М.А.	25
Васильев Р.Б.	46	Копица Г.П.	9
Ващенко А.А.	58	Коробов М.В.	3
Великжанин А.А.	43	Кошкодаев Д.С.	31
Визгалов В.А.	6	Кривовичев С.В.	35
Вохмянина Д.В.	7	Кривошапкин П.В.	36
Гавриков А.В.	8	Кривошапкина Е.Ф.	36
Гаврилов А.И.	31, 41	Крицкая А.П.	26
Гаршев А.В.	23, 51	Крутянский В.Л.	37
Гилев А.С.	52	Кузнецов И.И.	27
Гиль Д.О.	9	Кузнецова Е.С.	28
Гольдт А.Е.	43	Кукуева Е.В.	29
Гонгальский М.Б.	54	Кушнир А.Е.	30
Гордеева К.С.	10	Кушнир С.Е.	16, 31
Горюнков А.А.	47	Лавренов И.В.	32
Грачева Н.Н.	11	Ларионов Д.С.	33
Григорьев Д.А.	52	Лисичкин Г.В.	39
Грунин А.А.	48	Лукашин А.В.	10, 55
Гудилин Е.А.	43	Лукина Ю.С.	33
Гуржий В.В.	35	Макаревич А.М.	59
Гутенёва В.С.	12	Мартынова Н.А.	34
Дорофеев С.Г.	60	Матвеева М.А.	51
Евдокимов П.В.	13	Михайленко П.А.	35
Елисеев А.А.	10, 14, 48, 55	Михайлов В.И.	36
Зайцев А.Н.	12	Мойзых М.Е.	37
Зайцев В.В.	33	Мокрушина А.В.	38
Захаркина Ю.И.	15	Морозов И.В.	44
Захаров М.А.	8	Напольский К.С.	45, 48
Золотарев А.А.	12	Низамов Т.Р.	39
Зубавичус Я.В.	43	Овчинникова Н.С.	47
Зуев Д.М.	16, 31	Оленин А.Ю.	39
Зыкин М.А.	17	Осипов Н.Н.	40
Иванов В.К.	9	Охапкина Д.Ю.	41
Иваньшина О.Ю.	18	Панин Г.Н.	21
Ильин Д.В.	26	Панченко С.П.	18
Ирхина А.А.	19	Петраков А.П.	36
Казин П.Е.	31	Петухов Д.И.	5, 10, 45

Плахова Т.В.	61	Третьяков Ю.Д.	31, 48, 55
Погосова М.А.	42	Федянин А.А.	48
Поляков А.Ю.	43	Филиппов Я.Ю.	33, 53
Путляев В.И.	13, 23, 29, 33, 53	Харин А.Ю.	54
Романчук А.Ю.	11	Харламова М.В.	55
Рослова М.В.	44	Харченко А.В.	22
Росляков И.В.	45	Челпанов В.И.	51
Саматов И.Г.	46	Чепиков В.Н.	56
Самойлова Н.А.	47, 48	Шестаков М.В.	57,61
Сафронова Т.В.	49	Шуваев С.В.	20, 58
Сачкова Т.Ю.	60	Щукин А.Е.	59
Семивражская О.О.	47	Яшина Л.В.	55
Сенин Р.А.	33	Aswartham S.	44
Сечейко П.А.	49	Bombor D.	44
Сивков С.П.	33	Mohamed M.	44
Сиротина А.П.	50	Wolter A.	44
Смирнов Е.А.	51	Wurmehl S.	44
Соловьев О.И.	52		
Соркина Т.А.	43		

ФАКУЛЬТЕТ НАУК О МАТЕРИАЛАХ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. М.В.ЛОМОНОСОВА

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Вас интересуют нанотехнологии и наноматериалы, у Вас есть желание решать нестандартные задачи, освоить сложные фундаментальные дисциплины и заниматься новым интересным направлением? Мы приглашаем Вас использовать образовательные ресурсы Факультета наук о материалах МГУ для продолжения образования в области наук о материалах.

ФНМ, существующий с 1991 года под патронажем Ректора МГУ – это уникальный факультет Московского университета, в основе которого лежит принцип междисциплинарности, наиболее полно отвечающий современным тенденциям развития естественно-научного образования. ФНМ проводит подготовку материаловедов-исследователей с фундаментальным образованием. На сегодняшний день ФНМ является одним из активных российских научных центров, занимающихся исследованиями в области наноматериалов и нанотехнологий. С 2007 г. исследования в этой области определены Президентом РФ как "Приоритетные направления развития науки, технологий и техники РФ".

Перед факультетом наук о материалах стоит сложная задача по отбору наиболее подготовленных лиц, желающих обучаться или работать не просто в области химии, или физики, или математики и механики, а способных освоить "сплав" этих наук. Научная работа составляет важнейшую часть учебного плана и является одним из приоритетов при подготовке материаловедов-исследователей. На Факультете наук о материалах проводятся передовые междисциплинарные исследования, направленные на получение новых классов функциональных материалов: наноматериалы, биоматериалы, керамика, полупроводники, сверхпроводники и др.

Мы приглашаем Вас поступать в магистратуру, аспирантуру и докторантуру Факультета наук о материалах.

Магистратура ФНМ: число бюджетных мест 25. Специализация в области химии, физики и механики материалов.

Аспирантура ФНМ: число бюджетных мест 12. Возможность выполнения диссертации в области химии, физики, а также механики материалов.

Всю дополнительную информацию Вы можете получить на официальном сайте ФНМ www.fnm.msu.ru, (разделы: Аспирантура и Абитуриентам).

По вопросам поступления в магистратуру обращайтесь к ответственному секретарю приемной комиссии ФНМ Васильеву Роману Борисовичу, тел (495)9395471, e-mail: romvas@inorg.chem.msu.ru. По вопросам поступления в аспирантуру и докторантуру обращайтесь к заведующей аспирантурой и докторантурой ФНМ Шаталовой Татьяне Борисовне, тел. (495)9393974, e-mail: shatalova@inorg.chem.msu.ru.

Координаты ФНМ: 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские Горы, МГУ, Лабораторный корпус Б, Приемная комиссия, ком.237, тел. (495) 939-50-74 (во время приема документов), Учебная часть, ком. 214, тел. (495) 939-45-51.

Желаем успехов и ждем Вас на нашем факультете!

Начало регистрации:
декабрь 2011



VI Всероссийский интеллектуальный форум - олимпиада по нанотехнологиям

Всероссийская Интернет-олимпиада школьников, студентов, аспирантов и
молодых ученых в области наносистем, наноматериалов и нанотехнологий

Сроки и правила проведения - на сайте
www.nanometer.ru



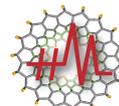
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА



РОСНАНО
Российская корпорация нанотехнологий



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



Нанометр
Нанотехнологическое
Сообщество