

Московский государственный университет
имени М.В.Ломоносова
Факультет наук о материалах

Студенческая научная конференция

Научно-исследовательская
работа студентов
в 7 семестре

20-21 января 2017 года
Тезисы докладов. Фоторепортаж.

Москва, 2017

Mag = 10.00 K X

1 μ m

ENT = 3.00 kV
WD = 8 mm

Signal A = SE2
Photo No. = 3052

Date : 6 Mar 2017
Time : 18:09:36

**Научно-исследовательская работа студентов в 7 семестре.
Тезисы докладов на студенческой научной конференции**

ФНМ МГУ, Москва, 20-21 января 2017 года

Тезисы предоставлены студентами 4-го курса ФНМ МГУ (ФНМ-2013¹).

Тексты тезисов согласованы с научными руководителями студентов 4-го курса ФНМ МГУ (ФНМ - 2013).

Настоящий сборник тезисов представляет собой отчет о конференции и содержит тезисы докладов и фоторепортаж о конференции.

Сборник подготовила Сафронова Т.В., к.т.н., с.н.с., куратор 4-го курса ФНМ (ФНМ-2013)
Фотографии – Гущина И.И., Трибунская П.А.

На обложке микрофотография скола керамики, фазовый состав которой представлен β -ренанитом (NaCaPO_4). Образец керамики был получен студентом 4-го курса ФНМ МГУ Пакленковым В.В. (научный руководитель Сафронова Т.В.). Микрофотография сделана студенткой ФНМ МГУ Казаковой Г.К. на электронном микроскопе LEO SUPRA (Carl Zeiss, Германия).

Сафонова Т.В.
ФНМ МГУ

Февраль, 2017 г.
МГУ, Ленинские горы, д.1.
Москва, Российская Федерация

¹ год поступления 2013

Введение

Научные конференции студентов на факультете наук о материалах Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (ФНМ МГУ) – являются многолетней традицией. В соответствии с учебным планом (специальность 020300 - «Химия, физика и механика материалов») студенты с первого курса выполняют исследовательскую работу в действующих научных группах. Необходимым качеством для ученого является умение кратко изложить суть своей работы, умение обосновать целесообразность исследования и ярко и убедительно представить полученные данные.

Настоящий сборник содержит тезисы докладов зимней научной студенческой конференции студентов 4-го курса ФНМ-2013, которая состоялась 20-21 января 2015 года. В научной сессии приняли участие 20 студентов группы ФНМ-2013. Настоящий сборник тезисов – своеобразный отчет студентов группы ФНМ-2013 о научно-исследовательской работе, выполненной в 7-м семестре.

Зимняя конференция в 7 семестре может быть рассмотрена, как контрольная точка для студентов, неотрывно от учебного процесса выполняющих квалификационную работу бакалавра. Студенты 4 курса ФНМ будут защищать свою квалификационную работу на соискание степени бакалавра в июне 2017 года.

В состав комиссии, которая заслушивала доклады студентов 4 курса в 7-м семестре, входили:

1. Сафронова Татьяна Викторовна, к.т.н., доц., с.н.с., куратор 4-го курса ФНМ с 01 сентября 2016 г., МГУ имени М.В.Ломоносова
2. Баранчиков Александр Евгеньевич, к.х.н., с.н.с., ИОНХ имени Н.С. Курнакова
3. Брылев Олег Александрович, к.х.н., доц., МГУ имени М.В.Ломоносова
4. Петухов Дмитрий Игоревич, к.х.н., м.н.с., МГУ имени М.В.Ломоносова
5. Путляев Валерий Иванович, к.х.н., доц., МГУ имени М.В.Ломоносова
6. Фомин Александр Сергеевич, к.т.н., с.н.с., ИМЕТ РАН имени А.А.Байкова
7. Чернявский Андрей Станиславович, к.т.н. ИМЕТ РАН имени А.А.Байкова
8. Шляхтин Олег Александрович, к.х.н., в.н.с., МГУ имени М.В.Ломоносова

Комиссия оценивала работу студентов и их доклады по следующим критериям: оформление доклада и тезисов; содержательность доклада и тезисов; краткость и информативность ответов на вопросы; очевидность перспективы успешной защиты в июне 2017 г. Комиссия, заслушавшая доклады студентов, признала актуальность представленных исследований.

По результатам конференции все выступившие студенты получили зачет по предмету, название которого в ведомости и зачетной книжке студентов записано как «Учебная научно-исследовательская практика»

http://www.fnm.msu.ru/images/files/documents/bacalavr/Stud1_bac_4year_2016.pdf

Желаю всем начинающим ученым (студентам ФНМ МГУ) систематической, плодотворной, творческой работы, которая и обеспечит незыблемую устойчивость отечественной науки высоких достижений под присмотром и чутким руководством доброжелательных наставников!

Сафронова Т.В.

Куратор 4 курса ФНМ МГУ,
к.т.н., доц., с.н.с.
Химического факультета МГУ
имени М.В. Ломоносова

Расписание докладов 20 января 2017 г.

Дата	Время	Студент	Название работы на русском языке	Руководитель
20.01.2017	11:00	Блохина Анастасия Дмитриевна	Синтез и исследование наночастиц магнетит-золото гантелевидной структуры	д.х.н., проф. Клячко Наталья Львовна, асп. 2 г/о Ефремова Мария Владимировна
20.01.2017	11:15	Окатынко Валерий Дмитриевич	Оксидные соединения с тетраэдрическим окружением d-металла для электрокатализа реакций с участием кислорода	к.х.н. Кирсанова Мария Александровна, к.х.н. Абакумов Артем Михайлович
20.01.2017	11:30	Гущина Ирина Игоревна	Структуры и люминесцентные свойства твердых растворов $\text{KGd}_{1-x}\text{Eu}_x(\text{MoO}_4)_2$	Доц., д.х.н. Морозов Владимир Анатольевич
20.01.2017	11:45	Коротков Роман Федорович	Синтез и полимеризация легкоплавких фталонитрильных мономеров, содержащих Si-O-Si фрагменты	к.х.н., в.н.с Кепман Алексей Валерьевич
20.01.2017	12:00	Сулимов Артём Витальевич	Высокотемпературные углепластики с фталонитрильными матрицами, полученные методом вакуумной инфузии	к.х.н., с.н.с. Булгаков Борис Анатольевич
20.01.2017	12:45	Ванев Александр Николаевич	Синтез наночастиц супероксиддисмутазы 1 и оценка их биологической активности для применения в антиоксидантной терапии в офтальмологии	д.х.н., проф. Клячко Наталья Львовна, асп. 2 г/о Алексашкин Антон Дмитриевич
20.01.2017	13:00	Кузина Мария Алексеевна	Синтез порошков фосфатов кальция в неводных средах для изготовления остеокондуктивной резорбируемой биокерамики	доц., к.х.н. Путляев Валерий Иванович, инж. Ларионов Дмитрий Сергеевич
20.01.2017	13:15	Ильясов Леонид Олегович	Включение квантовых точек в полимерную матрицу с контролируемыми свойствами	к.х.н., доц. Жирнов Артем Евгеньевич
20.01.2017	13:30	Сухоруков Григорий Алексеевич	Синтез замещенных производных аниона $[\text{B}_{12}\text{H}_{12}]^{2-}$ и изучение ориентационного влияния вводимых групп.	д.х.н., академик РАН Солнцев Константин Александрович, к.т.н., с.н.с. Чернявский Андрей Станиславович
20.01.2017	13:45	Морозова Полина Александровна	Исследование возможности создания мемристоров на основе плёнок анодного оксида титана	к.х.н., м.н.с. Петухов Дмитрий Игоревич
20.01.2017	14:00	Манойлов Алексей Игоревич	Катодные материалы для металл-ионных аккумуляторов на основе фторидофосфатов $\text{A}_2\text{MPO}_4\text{F}$	к.х.н. в.н.с. Хасанова Нелли Ракиповна

Расписание докладов 21 января 2017 г.

№	Время	Студент	Название работы на русском языке	Руководитель
21.01.2017	11:00	Синенко Ирина Леонидовна	Выделение 225Ac/ 213Bi и комплексообразование Bi3+ аминокарбоксилатными лигандами	д.х.н., проф. Калмыков Степан Николаевич, асп. Остапенко Валентина Сергеевна
21.01.2017	11:15	Воронин Олег Сергеевич	Одномерные фотонные кристаллы на основе анодного оксида алюминия	к.х.н. Напольский Кирилл Сергеевич
21.01.2017	11:30	Руднев Павел Олегович	Синтез высокодисперсных сложных оксидов висмута с использованием подходов «мягкой химии»	к.х.н., зав. лаб. Баранчиков Александр Евгеньевич, инж.-иссл., м.н.с. асп. 4 г.о. Гайтко Ольга Максимовна
21.01.2017	11:45	Трибунская Полина Александровна	Слоистые гидроксиды редкоземельных элементов (Y, Eu, Gd, Tb), интеркалированные анионами ароматических карбоксилатов	к.х.н., зав. лаб. Баранчиков Александр Евгеньевич, асп. 2г/о Япрынцев Алексей Дмитриевич
21.01.2017	12:00	Пакленков Владислав Владимирович	Керамические композиты в системе $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7\text{-NaCaPO}_4$	к.т.н., с.н.с. Сафронова Татьяна Викторовна
21.01.2017	12:45	Исмагилов Камиль Ильшатович	Химическое газофазное осаждение пленок ВТСП с искусственными центрами пиннинга для сверхпроводящих материалов второго поколения	д.х.н. проф Кауль Андрей Рафаилович, асп. Чепиков Всеволод Николаевич
21.01.2017	13:00	Устинова Марина Игоревна	Разработка сольвотермального метода получения пленок диоксида ванадия	д.х.н., проф. Кауль Андрей Рафаилович
21.01.2017	13:15	Соболь Александр Григорьевич	Роль рекристаллизации в процессе получения эпитаксиальных пленок диоксида ванадия с резким переходом диэлектрик-металл	к.х.н., н.с. Макаревич Артем Михайлович
21.01.2017	13:30	Полубояринов Антон Сергеевич	Влияние добавок перхлоратов и щелочей на размеры сферических частиц диоксида титана в процессе их формирования в водно-спиртовых растворах бутилата титана	к.х.н., доц. Гаршев Алексей Викторович
Подведение итогов				

Состав жюри 20 января 2017 г.

1. Сафронова Татьяна Викторовна, к.т.н., доц., с.н.с., куратор 4-го курса ФНМ с 2016 г.,
МГУ имени М.В.Ломоносова
2. Брылев Олег Александрович, к.х.н., доц., МГУ имени М.В.Ломоносова
3. Петухов Дмитрий Игоревич, к.х.н., м.н.с., МГУ имени М.В.Ломоносова
4. Путляев Валерий Иванович, к.х.н., доц., МГУ имени М.В.Ломоносова
5. Шляхтин Олег Александрович, к.х.н., в.н.с., МГУ имени М.В.Ломоносова

Состав жюри 21 января 2017 г.

1. Сафронова Татьяна Викторовна, к.т.н., доц., с.н.с., куратор 4-го курса ФНМ с 2016 г.,
МГУ имени М.В.Ломоносова
2. Баранчиков Александр Евгеньевич, к.х.н., зав. лаб., ИОНХ имени Н.С. Курнакова
3. Брылев Олег Александрович, к.х.н., доц., МГУ имени М.В.Ломоносова
4. Фомин Александр Сергеевич, к.т.н., с.н.с., ИМЕТ РАН имени А.А.Байкова
5. Чернявский Андрей Станиславович, к.т.н. ИМЕТ РАН имени А.А.Байкова
6. Шляхтин Олег Александрович, к.х.н., в.н.с., МГУ имени М.В.Ломоносова

ЖЮРИ:



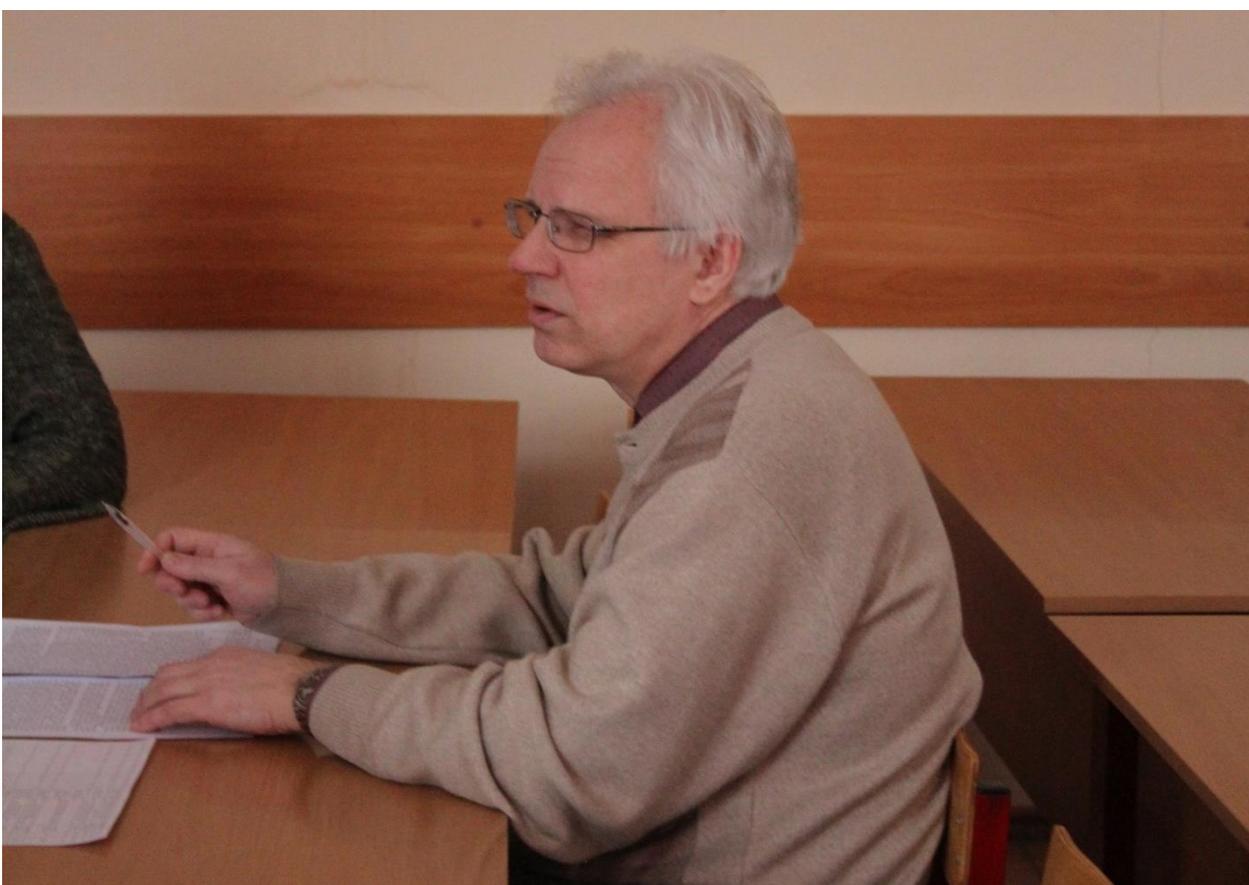
к.т.н., с.н.с. Сафронова Татьяна Викторовна, <http://istina.msu.ru/profile/safronova/>



к.х.н., доц. Брылев Олег Александрович, <http://istina.msu.ru/profile/brylev22/>



к.х.н., н.с. Петухов Дмитрий Игоревич, http://istina.msu.ru/profile/Dmitrii_Petukhov/



к.х.н., доц. Путляев Валерий Иванович, <http://istina.msu.ru/profile/putl/>



к.х.н., в.н.с. Шляхтин Олег Александрович, <http://istina.msu.ru/profile/olegshl/>



к.х.н., зав. лаб. Баранчиков Александр Евгеньевич,
http://www.oxide.ru/barantchikov_rus.php/; <http://istina.msu.ru/profile/schwarts/>



к.т.н. Фомин Александр Сергеевич, <http://www.imet.ac.ru/ncd-1-4-96/news.html/>



к.т.н. Чернявский Андрей Станиславович, <http://www.imet.ac.ru/ncd-1-4-36/news.html>

СТУДЕНТЫ – УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ И ИХ НАУЧНЫЕ РУКОВОДИТЕЛИ

20-1

Блохина Анастасия Дмитриевна



Московский Государственный Университет
имени М.В. Ломоносова
Факультет Наук о Материалах

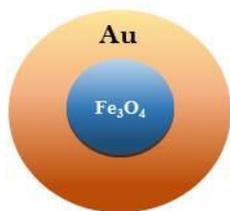
Синтез и исследование наночастиц магнетит- золото гантелевидной структуры

*Лаборатория Химического дизайна бионаноматериалов для
медицинского применения, кафедра химической энзимологии,
химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова.*

Выполнила: студентка 4 курса
Блохина А. Д.
Научный руководители:
д.х.н., проф. Клячко Н.Л.
асп. 2 г./о. Ефремова М.В.
20.01.2017.

Типы гибридных структур Fe_3O_4 -Au

Ядро-оболочка



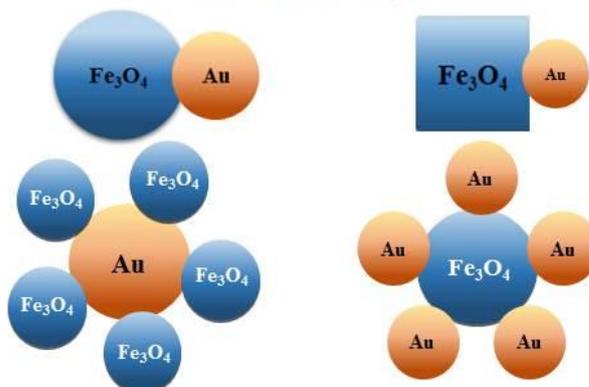
Преимущества :

- Биосовместимость
- Наличие золотой поверхности

Недостатки :

- Доказательство сплошной золотой оболочки
- Трудность получения тонкой оболочки Au

Гантелевидные



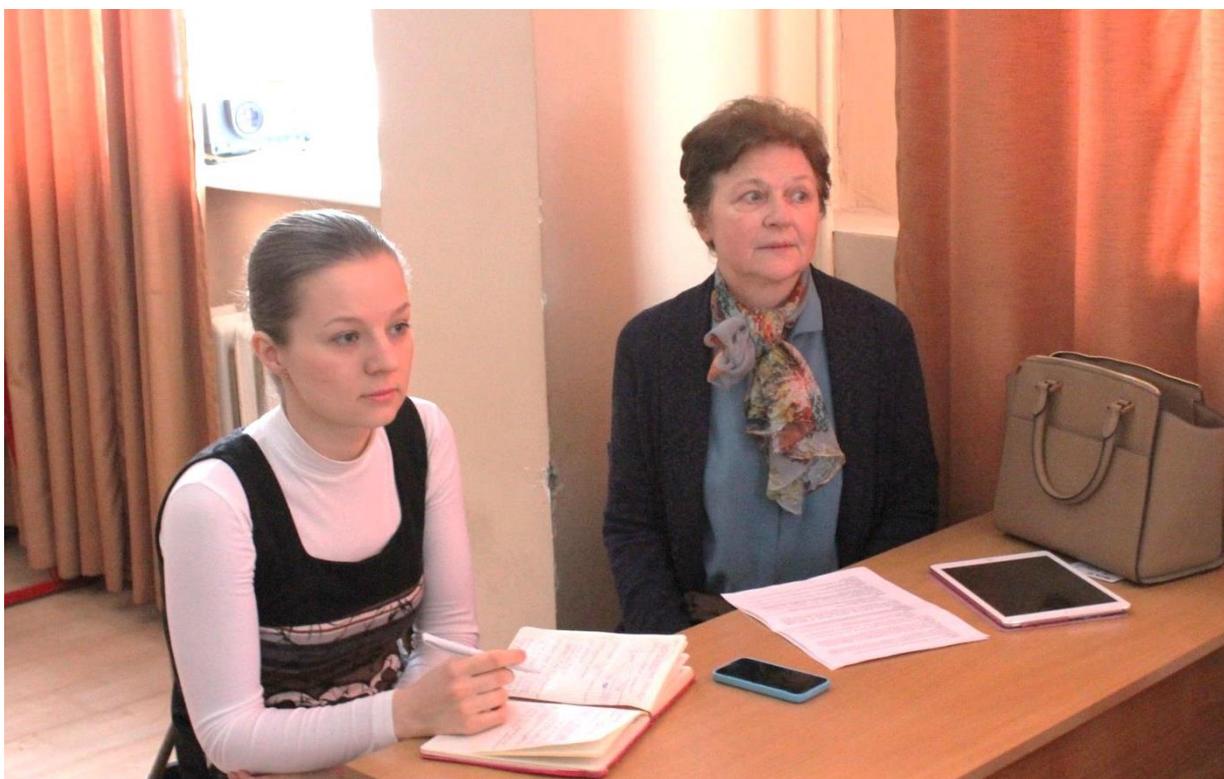
Преимущества :

- Биосовместимость
- Присутствие двух типов поверхностей

Недостатки :

- Необходимо защищать поверхность магнетита
- Необходим перевод в водную фазу

3



Руководители: д.х.н., проф. Клячко Наталья Львовна, <http://istina.msu.ru/profile/nlklyachko/>;
асп. 2 г/о Ефремова Мария Владимировна, <http://istina.msu.ru/profile/efremova33/>

Синтез и исследование наночастиц магнетит – золото гантелевидной структуры

Блохина А.Д.

Руководители: д.х.н., проф. Клячко Н.Л., асп. 2 г/о Ефремова М.В.

В последнее десятилетие рассматривается возможность использования магнитных наночастиц (НЧ) оксидов железа, в том числе, магнетита Fe_3O_4 , в качестве контрастных агентов в МР-томографии, для лечения раковых заболеваний методом гипертермии, а также для транспортировки и адресной доставки лекарств. Однако НЧ магнетита сами по себе нестабильны и могут проявлять токсичность в физиологических условиях, а также легко окисляться. Выходом из этой ситуации может быть создание гибридных наноматериалов на основе магнетита и золота; выбор последнего обусловлен его стабильностью и биосовместимостью. Также возможно получение более сложных систем на основе гантелевидных НЧ, в частности, контейнеров для лекарств для адресной доставки лекарств.

В связи с этим, целью данной работы являлся синтез и физико-химическое исследование гантелевидных НЧ магнетит-золото (Рис.1), а также капсул на их основе. В задачи исследования входили: синтез гантелевидных НЧ различной формы и размеров, исследование структуры и магнитных свойств частиц, синтез капсул и изучение их способности разрушаться под действием внешнего магнитного поля.

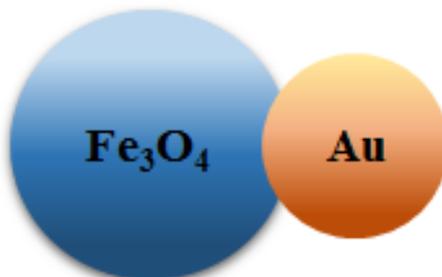


Рис. 1 Схематическое изображение НЧ $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{Au}$ структурой типа «гантель».

Гантелевидные НЧ на основе $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au}$ различной морфологии получали путем разложения пентакарбонила железа на поверхности НЧ Au. При этом НЧ золота получали как отдельно (образец D-2), так и непосредственно в процессе синтеза гантелевидных структур (образец D-1). Далее образцы D-1 и D-2 были использованы для синтеза капсул на основе поливинилового спирта (ПВС) различной молекулярной массы. Капсулы на основе ПВС образуются по средством самосборки полимера и магнитных НЧ. (Рис.2)

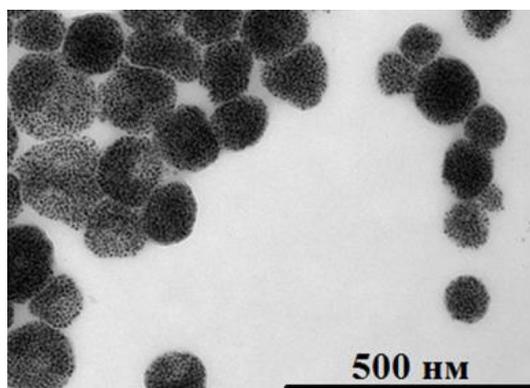


Рис. 2 ПЭМ-микрофотографии капсул на основе образца D-1 и ПВС с $M_r=46$ кДа

Согласно результатам просвечивающей электронной микроскопии, все полученные образцы обладают гантелевидной структурой. В случае образца D-1 были получены НЧ магнетита диаметром 13 ± 1 нм с формой, близкой к сферической, и сферические наночастицы золота с диаметром 5 ± 1 нм, в образце D-2 были получены НЧ магнетита с ярко выраженной кубической формой диагональю 23 ± 3 нм и сферические НЧ золота диаметром 9 ± 2 нм. По данным рентгенофазового анализа, образцы D-1 и D-2 обладают монокристаллической структурой магнетита. По результатам измерения магнитных свойств, образцы D-1, D-2 обладали намагниченностью насыщения 62 и 80 э.м.е./г, соответственно, и коэрцитивной силой 13 и 60 Э соответственно. Были получены две серии нанокapsул с использованием частиц разного размера и формы, а также ПВС разной молекулярной массы. Первая серия образцов KD-1 ($M_r(\text{ПВС})=46$ кДа), KD-2 ($M_r(\text{ПВС})=87$ кДа), KD-3 ($M_r(\text{ПВС})=9-10$ кДа) была получена с использованием частиц D-1. Вторая серия образцов KM-1 ($M_r(\text{ПВС})=46$ кДа), KM-2 ($M_r(\text{ПВС})=87$ кДа), KM-3 ($M_r(\text{ПВС})=9-10$ кДа) была получена с использованием частиц D-2. Было показано, что размер частиц и молекулярная масса полимера влияет на способность частиц образовывать капсулы, а также на размер самих капсул. Для изучения способности высвобождения содержимого капсул при внешнем воздействии, образец помещали в переменное магнитное поле на 15 минут. По результатам ПЭМ можно говорить о разрушении капсул сферической формы под действием поля.

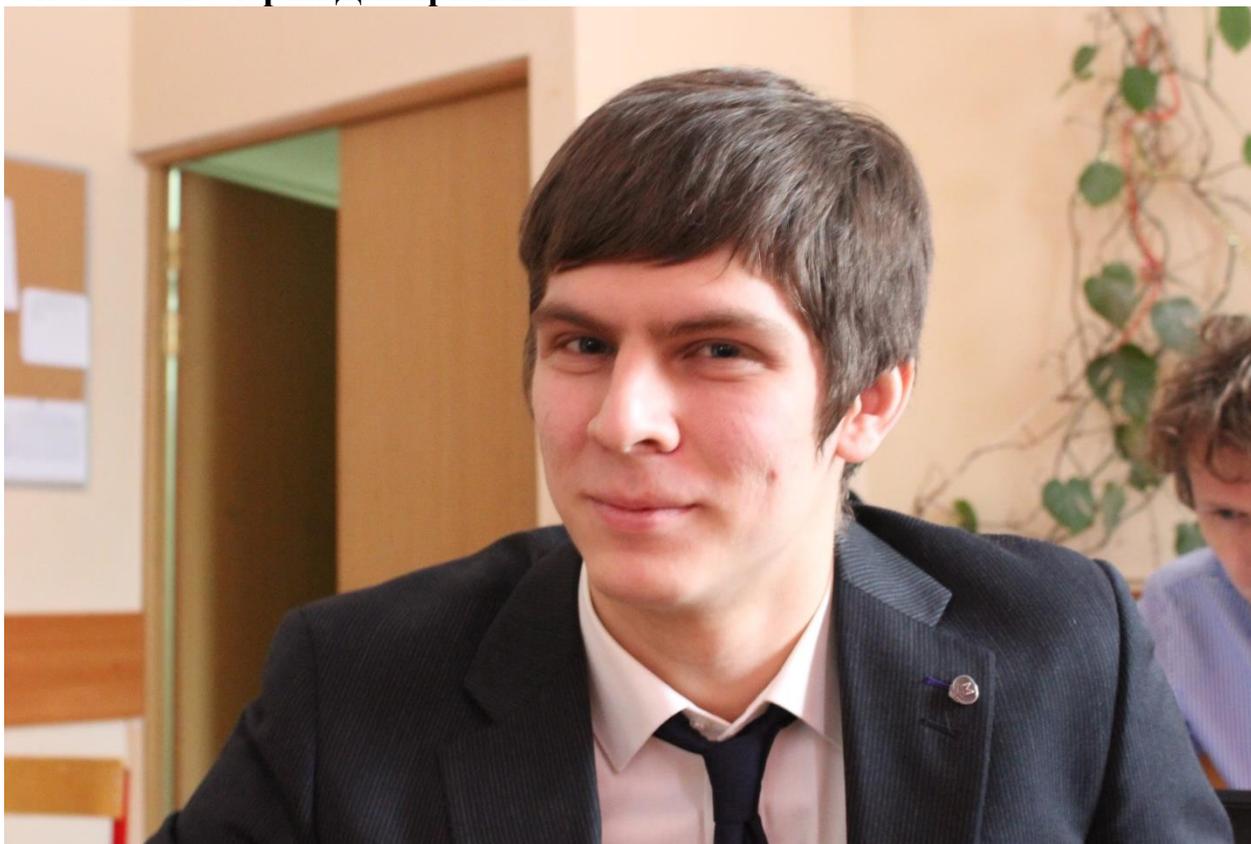
Таким образом, в работе были синтезированы и охарактеризованы гантелевидные НЧ на основе Fe_3O_4 и Au, а также капсулы, которые можно использовать в качестве контейнеров, способных разрушаться под действием внешнего переменного магнитного поля.

Публикации студентки: <http://istina.msu.ru/profile/BlokhinaAnastasia/>



20-2

Окатыенко Валерий Дмитриевич



*Факультет наук о материалах
МГУ им. М.В.Ломоносова*

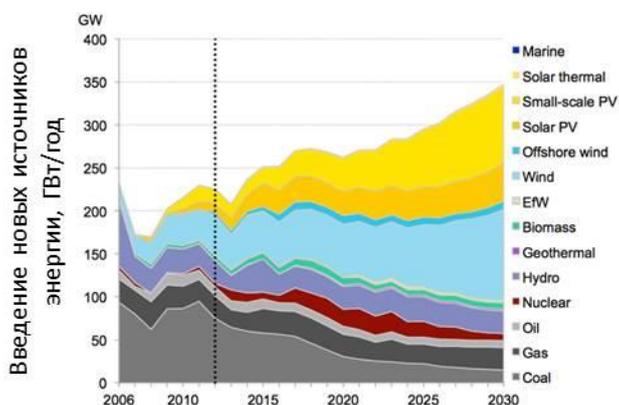
**Оксидные соединения с
тетраэдрическим окружением d-
металла для электрокатализа
реакций с участием кислорода**

Студент 4 курса
Окатыенко Валерий
Научные руководители:
к.х.н., н.с. Кирсанова М.А.
к.х.н., с.н.с. Абакумов А.М.

Москва, 20 января 2016

Хранение энергии на основе H₂O

Потребление энергии ежегодно растет –
необходимы системы хранения энергии



- + Экологично
- Нет подходящего катализатора

Bloomberg new energy finance, 2013

W. T. Hong et al., *Energy Environ. Sci.*, 2015, 8, 1404.

2



От руководителей: к.х.н. Кирсанова Мария Александровна, <http://crei.skoltech.ru/cee/ru/>
<http://istina.msu.ru/profile/KirsanovaMaria/>

Оксидные соединения с тетраэдрическим окружением d-металла для электрокатализа реакций с участием кислорода

Окатыенко В.Д.

Руководители: к.х.н., н.с. Кирсанова М.А., к.х.н., с.н.с. Абакумов А.М.

Поиск новых способов эффективного и экологически безопасного хранения энергии является динамично развивающейся отраслью: инноваций в сфере литий-ионных технологий не предвидится; кроме того, литий относительно дорог и утилизация таких батарей затруднена. Проблема также заключается в том, что необходимо найти экологически чистый способ хранения энергии, выделяющейся при выработке энергии, например, на солнечных электростанциях, особенно при пиковых значениях их мощности. Для этого предполагается использовать низкотемпературные обратимые щелочные топливные элементы. Обратимое образование химических связей, в частности, в молекуле H_2O , является процессом, который может служить в качестве системы хранения энергии и является экологически безопасным. Тем не менее, кинетические затруднения делают практическое использование таких систем невозможным без подходящего катализатора. Известные на текущий момент катализаторы не нашли широкого применения на практике, поскольку представляют собой дорогие благородные металлы и неэффективные оксидные материалы.

Таким образом, целью данной работы является синтез катализатора для реакций обратимого разложения воды на водород и кислород. В качестве перспективных материалов для этого было выбрано соединение $YBaCo_4O_{7+x}$ (YBCO). Данная фаза демонстрирует значительный вклад O_{2p} -состояний вблизи уровня Ферми, обладает высокой электропроводностью и широким диапазоном кислородной нестехиометрии. Указанный кобальтит уже описан в литературе, но исследований его электрокаталитических характеристик ранее не проводилось. В данной работе предстояло решить следующие задачи: 1) получить фазы с подходящей микроструктурой; 2) подобрать оптимальные параметры их синтеза; 3) исследовать их характеристики для целей электрокатализа и сделать вывод о возможности их дальнейшего использования на практике.

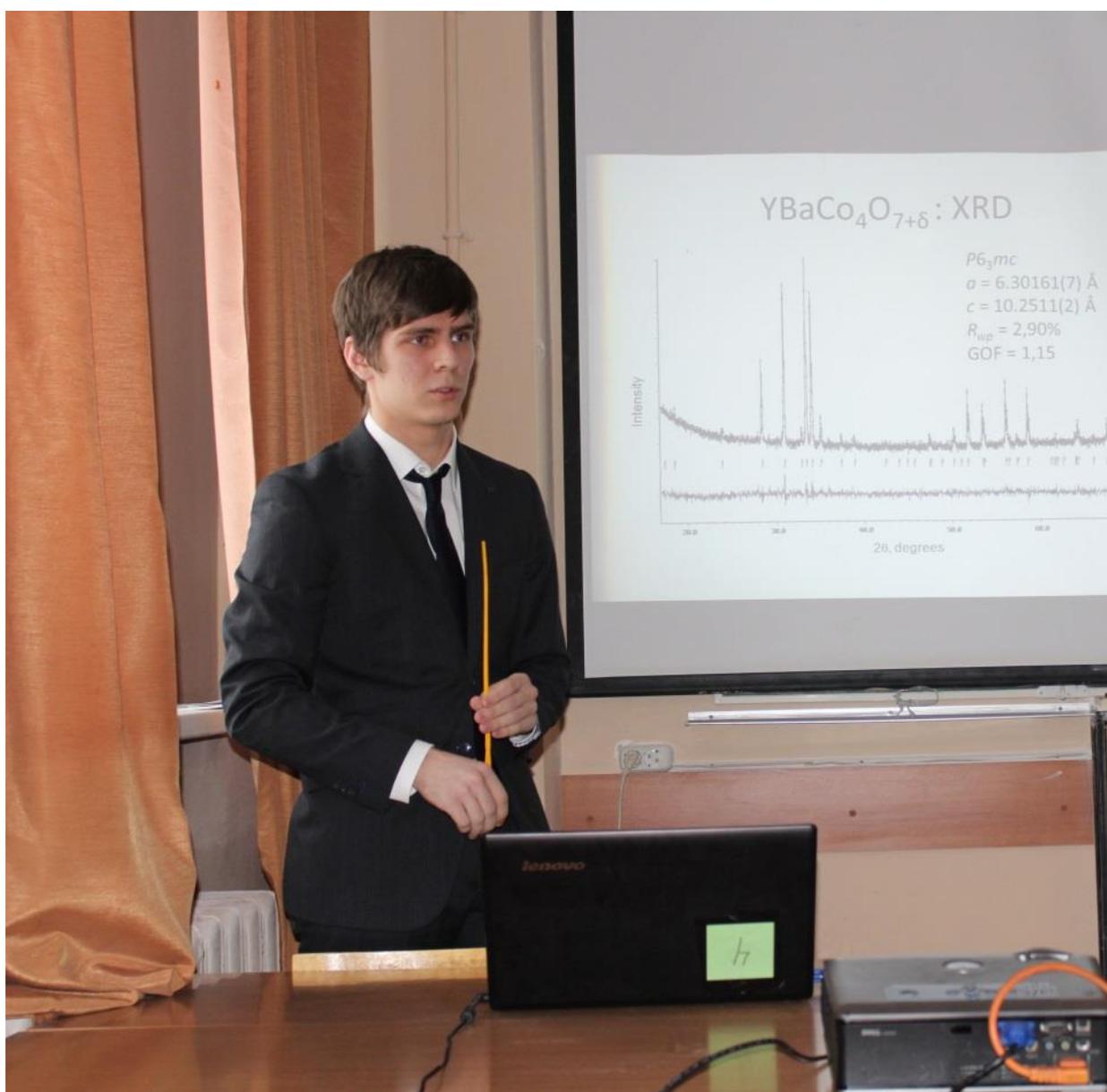
В качестве основного метода синтеза мы выбрали золь-гель. Выбор данного метода обусловлен тем, что он позволяет добиться высокой гомогенности распределения элементов и подразумевает возможность получения образцов с высокой удельной площадью, что критически важно для электрокатализатора. В качестве прекурсоров использовали нитраты, ацетаты и оксиды соответствующих металлов, которые растворяли в воде с последующим добавлением аммиачного раствора ЭДТА при $pH = 9-10$. После озоления образовавшийся порошок прессовали в таблетки и подвергали предварительному отжигу при $650^\circ C$ в течение 5 часов. Полученный образец перетирали и ставили на высокотемпературный отжиг при $1100^\circ C$ в течение 5 часов. Полученные образцы характеризовали методами порошковой рентгеновской дифракции, сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии. Также проводили электрохимические измерения на вращающемся дисковом электроде и иодометрическое титрование для определения степени нестехиометрии по кислороду.

Нам удалось получить образцы YBCO, частицы которого характеризуются крупными размерами (~ 10 мкм) и состоят из мелких (менее 1 мкм) зерен. Измерения на вращающемся дисковом электроде показали, что массовая активность составила 98 мА/мг для реакции получения кислорода и 75 мА/мг для реакции получения воды; для сравнения – показатели лучшего на данный момент оксидного материала $LaNiO_3$ (LNO) – 41 мА/мг и 251 мА/мг соответственно. Это означает, что катализатор обладает ярко выраженной бифункциональностью и, с учетом дальнейшего улучшения микроструктуры,

представляет значительный интерес в качестве материала для электрокатализа. Мы подготовили серию замещенных образцов с общей формулой $Y_{1-x}Ca_xBaCo_4O_{7+\delta}$. Выбор кальция обусловлен тем, что этот крупный катион с зарядом меньшим, чем у иттрия, способен повысить степень окисления кобальта и, соответственно, эффективность катализатора. Данные просвечивающей микроскопии показали, что в соединениях $Y_{1-x}Ca_xBaCo_4O_{7+\delta}$ для $x=0$ и $x=0,4$ кислородная нестехиометрия проявляется в виде наличия сверхструктуры, в то время как базовая структура соединения сохраняется при изменении содержания кальция. Данные титрования показали, что величина δ лежит в пределах 0,76-0,98 для разных составов.

Таким образом, в ходе работы получен бифункциональный катализатор с возможностью его дальнейшего применения. В настоящий момент продолжают работы по оптимизации условий синтеза и изучению электрокаталитических свойств новых образцов.

Публикации студента: <http://istina.msu.ru/profile/vok1995/>



20-3

Гущина Ирина Игоревна



МГУ имени М.В.Ломоносова

Факультет Наук о Материалах

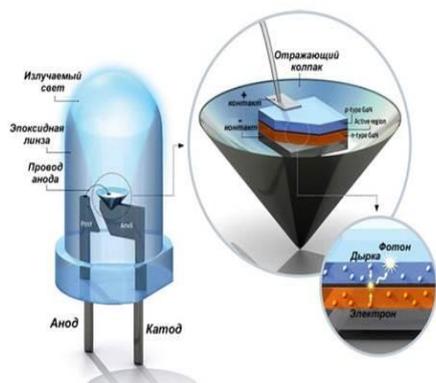
**Влияние условий получения на
структуру и люминесцентные
свойства твёрдых растворов
 $\text{KGd}_{1-x}\text{Eu}_x(\text{MoO}_4)_2$**

Гущина Ирина Игоревна, 4 курс ФНМ

Научный руководитель: д.х.н., Морозов В.А.



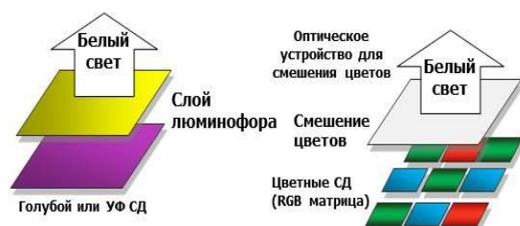
Светодиоды белого свечения (WLED)



Люминофоры (Samsung):

- $Y_2O_2S:Eu^{3+}$ (Красный)
- $ZnS:(Cu^+, Al^{3+})$ (Зелёный)
- $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+}$ (Синий)

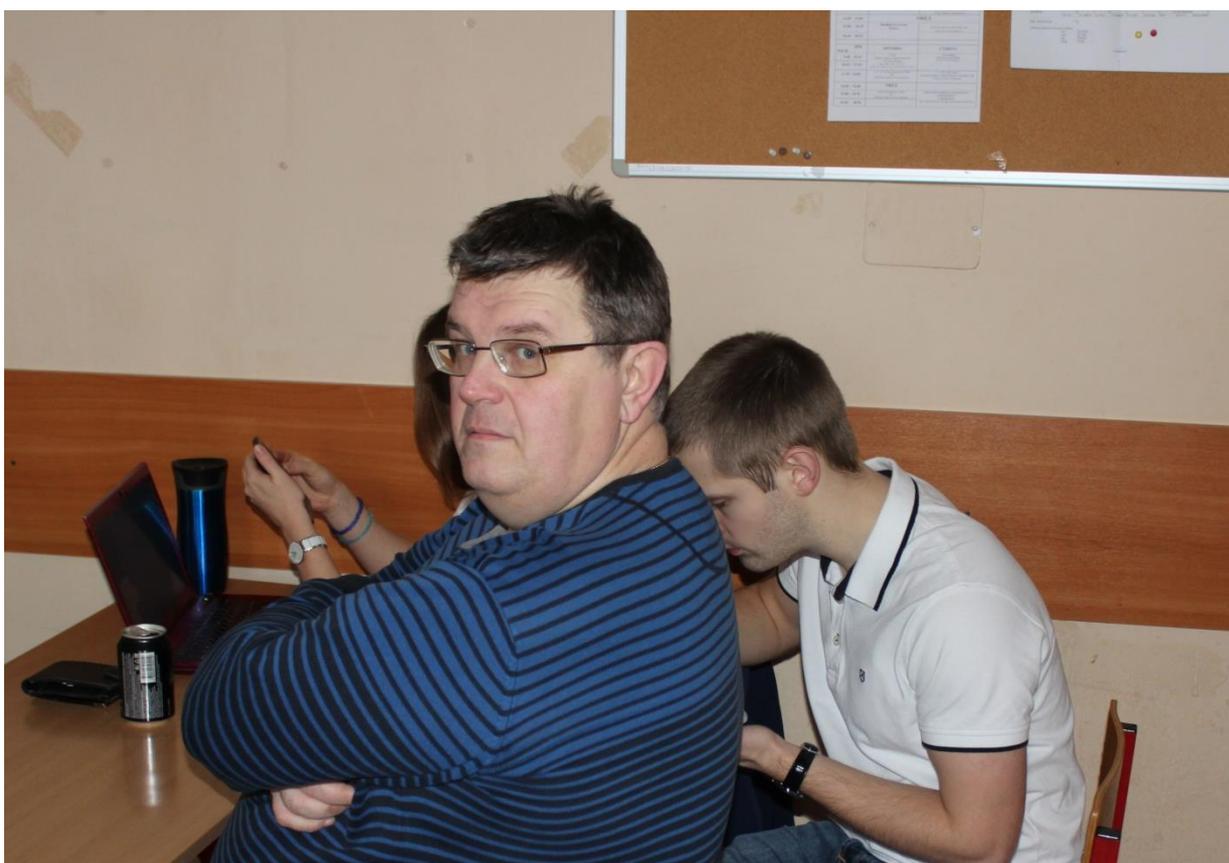
Интенсивность люминесценции $Y_2O_2S:Eu^{3+}$ в **8 раз** меньше, чем **зеленый** и **синий** люминофоры.



WLED



Основная Задача: поиск **новых красных люминофоров** более эффективных, чем $Y_2O_2S:Eu^{3+}$



Руководитель: доц., д.х.н. Морозов Владимир Анатольевич,
<http://istina.msu.ru/profile/Elefant200569/>

Влияние условий получения на структуру и люминесцентные свойства твёрдых растворов $\text{KGd}_{1-x}\text{Eu}_x(\text{MoO}_4)_2$

Гуцина И.И.

Руководитель: д.х.н., доц. Морозов В.А.

В настоящее время особое внимание исследователей уделяется люминесцентным материалам, которые могут быть использованы в качестве люминофоров для светодиодов белого свечения (White Light-Emitting Diodes (WLED)). Такие светодиоды являются весьма перспективными для замены флюоресцентных ламп и ламп накаливания благодаря высокой надежности, длительному времени жизни и высоким КПД. Самый известный метод создания WLED является соединение красного, синего и зеленого люминофоров. Но существует проблема, что эффективность излучения красного люминофора в 8 раз ниже эффективности излучения синего и зеленого. Считается, что соединения со структурой шеелита (CaWO_4), содержащие катионы Eu^{3+} , могут быть рассмотрены как перспективные красные люминофоров для трехцветных WLED.

Именно поэтому настоящая работа посвящена изучению влияния концентрации Eu^{3+} и условий получения на структуру и люминесцентные свойства твёрдых растворов $\text{KGd}_{1-x}\text{Eu}_x(\text{MoO}_4)_2$ ($0 \leq x \leq 1$). Цель данной работы: выявить зависимость структуры от температуры получения образцов и установить зависимость люминесцентных свойств от концентрации Eu^{3+} и структуры твердых растворов.

Твердые растворы $\text{KGd}_{1-x}\text{Eu}_x(\text{MoO}_4)_2$ ($x=0-1$) получены методом твердофазного синтеза при температурах 923, 1073 и 1173 К. Рентгенографическое исследование твердых растворов $\text{KGd}_{1-x}\text{Eu}_x(\text{MoO}_4)_2$, полученных при температуре 923 К и медленном охлаждении до комнатной температуры показало их изоструктурность с шеелитоподобным $\alpha\text{-KEu}(\text{MoO}_4)_2$ (пр. гр. $P\bar{1}$). Замещение Gd^{3+} ($r_{\text{VIII}} = 1.053 \text{ \AA}$) на Eu^{3+} ($r_{\text{VIII}} = 1.066 \text{ \AA}$) приводит к увеличению объема элементарной ячейки в $\alpha\text{-KGd}_{1-x}\text{Eu}_x(\text{MoO}_4)_2$ с увеличением содержания Eu^{3+} .

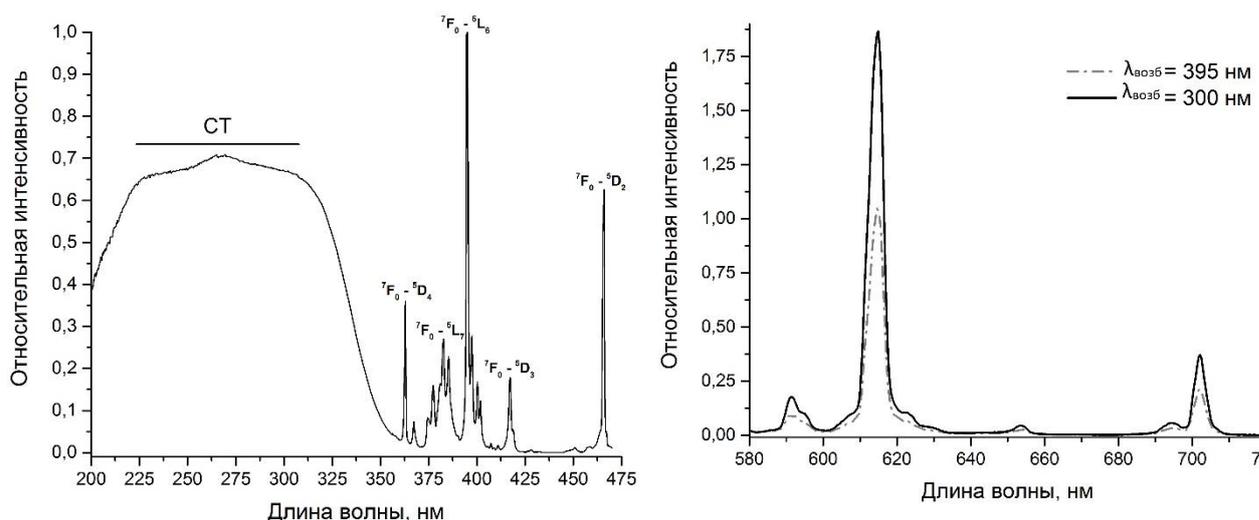


Рис 1. (а) Спектры возбуждения люминесценции ($\lambda_{\text{эм}} = 615 \text{ нм}$) и (б) спектры фотолюминесценции ($\lambda_{\text{возб}} = 300 \text{ нм}$ и 395 нм) $\alpha\text{-KGd}_{0.8}\text{Eu}_{0.2}(\text{MoO}_4)_2$.

Исследование люминесцентных свойств $\alpha\text{-KGd}_{1-x}\text{Eu}_x(\text{MoO}_4)_2$ показало, что изменение концентрации Eu^{3+} не влияет на положение и форму полос в спектрах возбуждения люминесценции (ВЛ) и фотолюминесценции (ФЛ). Спектры ВЛ (рис. 1а) характеризуются полосами переходов $\text{Eu}^{3+} 4f^6-4f^6$ в области 300-500 нм и широкой полосы

в области от 200–350 нм (полоса переноса заряда (СТ)). Спектры ФЛ всех Eu-содержащих молибдатов и вольфраматов содержат только полосы, соответствующие переходам ${}^5D_0-{}^7F_j$ ($j = 0, 1, 2, 3, 4$) катиона Eu^{3+} (рис. 1б). Для всех исследованных составов наибольшей интенсивностью обладает переход ${}^5D_0-{}^7F_2$ (электрический дипольный переход), определяющий характерное красное свечение образцов ($\lambda_{\text{макс}} \sim 610\text{--}620$ нм).

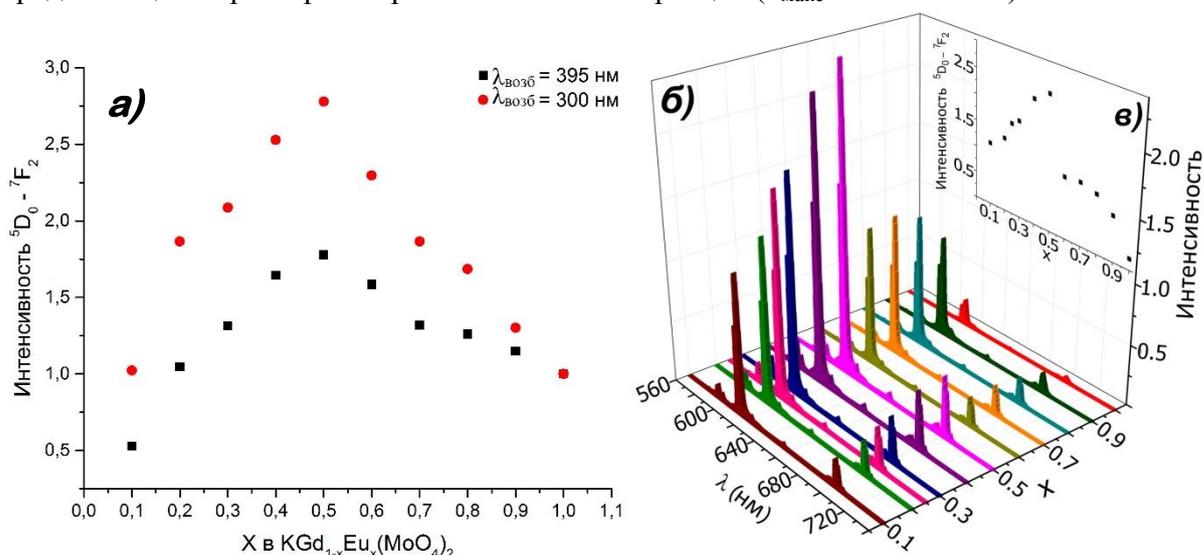


Рис. 2. (а) Зависимость максимума интенсивности перехода ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ от содержания Eu^{3+} в $\alpha\text{-KGd}_{1-x}\text{Eu}_x(\text{MoO}_4)_2$ ($\lambda_{\text{возб}} = 300$ нм и 395 нм). Спектры фотолюминесценции $\text{KGd}_{1-x}\text{Eu}_x(\text{MoO}_4)_2$, отожженных при температуре 1073 К, (б) и зависимость максимума интенсивности перехода ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ в них от содержания Eu^{3+} при $\lambda_{\text{возб}} = 395$ нм (в).

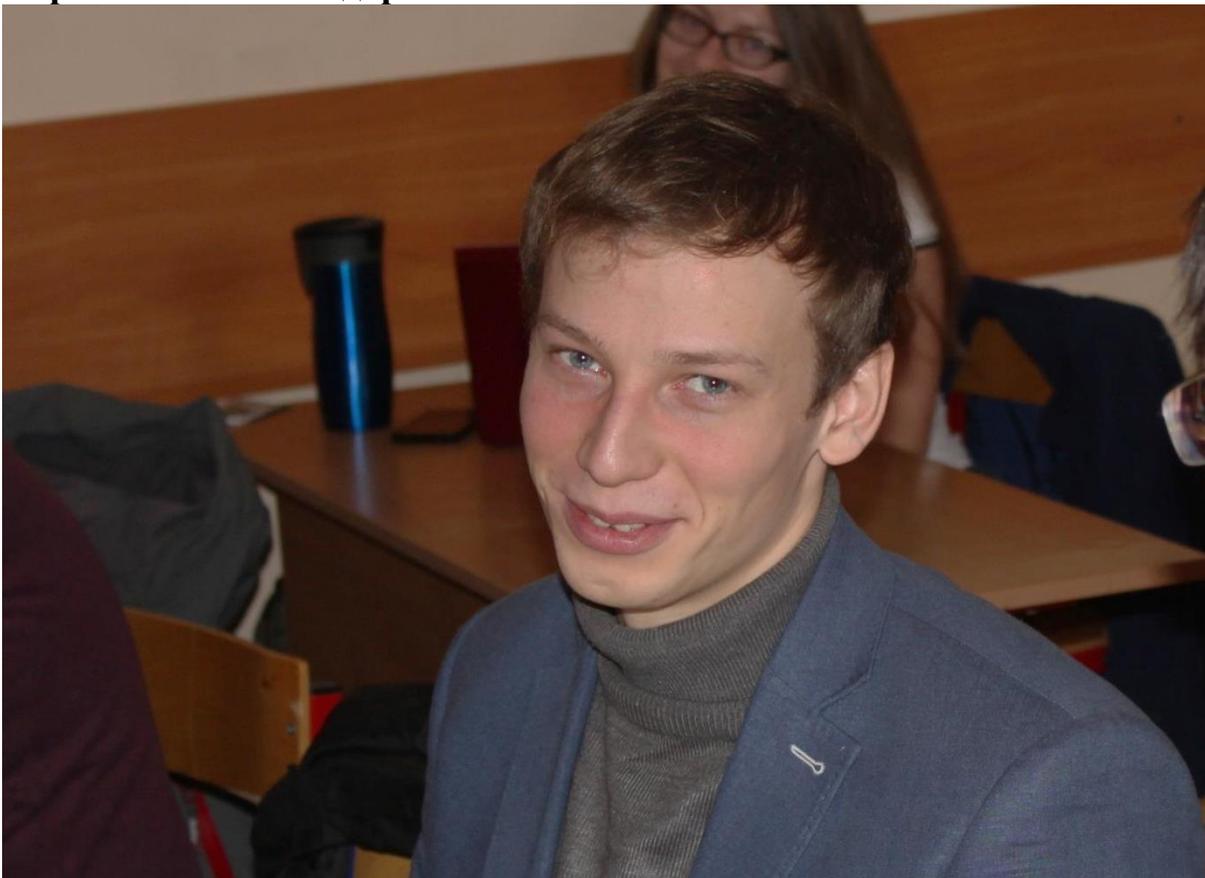
Интенсивность перехода ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ зависит от содержания Eu^{3+} и достигает максимума при $x = 0.5$ как при использовании $\lambda_{\text{возб}} = 300$ нм, так и при $\lambda_{\text{возб}} = 395$ нм. При этом изменение длины волны возбуждения с 395 нм на 300 нм ведет к увеличению интенсивности люминесценции перехода ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ практически в 2 раза (рис. 2а). Выявленные изменения в интенсивности люминесценции показывают, что для образцов $0.1 \leq x < 1$ механизм СТ более эффективный для возбуждения люминесцентных центров, чем прямое возбуждение. Кинетика затухания люминесценции для $\alpha\text{-KGd}_{1-x}\text{Eu}_x(\text{MoO}_4)_2$ показала, что время жизни люминесценции (τ) практически не изменяется при значениях $x = 0.1 - 0.5$ и составляет = 590 мкс, что соответствует обычно наблюдаемым значениям τ для катионов Eu^{3+} в шеелитоподобных соединениях. Дальнейшее увеличение x приводит к резкому уменьшению времени жизни вследствие эффекта концентрационного тушения, достигая минимума при $x = 1$.

Дальнейший отжиг $\alpha\text{-KGd}_{1-x}\text{Eu}_x(\text{MoO}_4)_2$ при температуре 1073 К приводит к смеси твердых растворов со структурой триклинной $P\bar{1}$ и моноклинной $I2/b(a\beta 0)00$ для $x=0.8$ и $x=0.9$, в то время как структура образцов с $0 \leq x \leq 0.7$ не меняется. Увеличение температуры приводит к сильным изменениям в спектрах поглощения и возбуждения люминесценции. Переход $\text{KEu}(\text{MoO}_4)_2$ из низкотемпературной триклинной α -фазы в высокотемпературную несоразмерно модулированную β -фазу приводит к уменьшению интенсивности перехода ${}^5D_0 - {}^7F_2$.

Публикации студентки: <http://istina.msu.ru/profile/IrinaGushchina/>

20-4

Коротков Роман Федорович



Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Химический факультет
Кафедра химической технологии и новых материалов
Лаборатория теоритических основ химической технологии

Синтез и полимеризация легкоплавких фталонитрильных мономеров, содержащих Si-O-Si фрагменты

Выполнил: студент 4 курса ФНМ Коротков Р.Ф.
Научные руководители: к.х.н., в.н.с. Кепман А.В., инж. Джеваков П.Б.

Москва, 2017

Введение

Фталонитрильные матрицы обладают высокой термической стабильностью (до 450 °С)



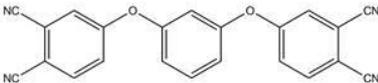
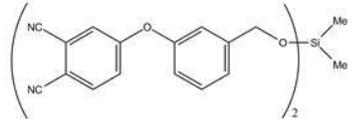
Применяются в морской, космической и авиационной отраслях промышленности

Преимущества:

- Высокая термическая стабильность до 450°C

Недостатки:

- Высокая температура плавления мономеров
- Узкий технологический интервал

Мономер (матрица)	$T_{пл}(T_{ст}),$ °C	Ссылка
	185	Keller T.M. et al., Polymer 2005; 46:4614-8.
	2	Babkin A.V. et al., Eur. Polym. J., 2015; 66: 452



От руководителей: инж. Джеваков Павел Борисович,
<http://istina.msu.ru/profile/DzhevakovPB/>

Синтез и полимеризация легкоплавких фталонитрильных мономеров, содержащих Si-O-Si фрагменты

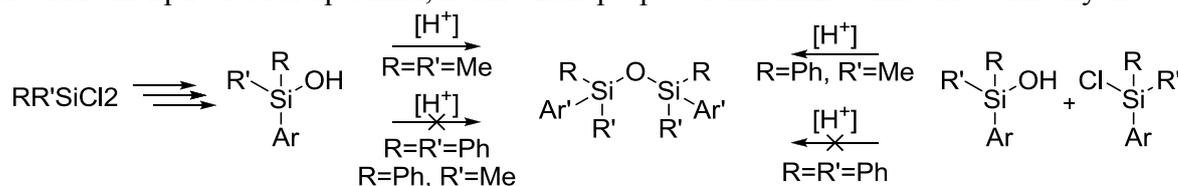
Коротков Р.Ф.

Руководители: к.х.н., в.н.с. Кепман А.В., инж. Джеваков П.Б.

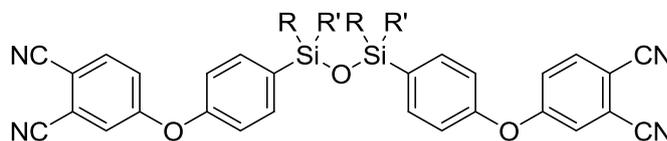
С развитием аэрокосмической отрасли полимерные композиционные материалы (ПКМ) активно вытесняют металлические сплавы ввиду более высокой удельной прочности. Использование ПКМ позволяет снижать массу летательного аппарата, увеличивая тем самым его грузоподъемность. Разработка высокотемпературных матриц, пригодных для переработки в композит технологически эффективными инъекционными методами позволит расширить области применения ПКМ. Фталонитрильные связующие являются уникальным классом термостойких связующих, но обладают некоторыми ограничениями при использовании, например, узкий интервал между температурами стеклования и отверждения. Ранее был предложен подход, заключающийся во введении гибких силоксановых фрагментов в структуру мономера для понижения их температур стеклования, что приводило к снижению температур переработки таких мономеров. Однако недостатком таких мономеров является наличие гидролитически нестойкой Si-O-Si связи.

Таким образом, целью работы стала разработка синтетического пути для нового класса легкоплавких фталонитрильных мономеров, содержащих устойчивый к гидролизу фрагмент Si-O-Si с различными заместителями при атомах кремния, и последующая полимеризация. Задачами нашей работы являются: разработка синтетического пути получения мономеров, их синтез и характеристика, отработка условий получения с высокими выходами, изучение их реологических свойств и температур стеклования, дальнейшая полимеризация и изучение термических свойств полученных отвержденных матриц.

Нами был разработан синтетический путь получения мономера с метильными заместителями при атомах кремния. Однако по причине затрудненности протекания реакций межмолекулярной дегидратации для молекул, содержащих фенильные заместители при атомах кремния, нами были разработаны иные синтетические пути.



Мономер	R	R'	T _g , °C
1	Me	Me	4
2	Me	Ph	37



Синтезированные нами новые мономеры стабильные на воздухе соединения с рекордно низкими температурами стеклования для фталонитрильных мономеров за счёт наличия гибкого дисилоксанового мостика, а также обладают низкими значениями вязкости расплавов (для мономера **1** 25,5 сПз при T = 150 °C, для мономера **2** 450 сПз при T = 150 °C), что позволяет использовать их в таком методе формования композитов, как вакуумная инфузия и инъекция в форму.

Полученные мономеры были отверждены в присутствии 4% (масс.) аминофеноксibenзола по ступенчатой программе отверждения с максимальной температурой 375 °C. Согласно результатам ТМА и ТГА для отвержденной матрицы из

мономера **1** для полученных отвержденных матриц составляет $T_{hd} = 470\text{ }^{\circ}\text{C}$, а $T_{5\%} = 503\text{ }^{\circ}\text{C}$ (воздух) и $T_{5\%} = 495\text{ }^{\circ}\text{C}$ (аргон). Для отвержденной матрицы из мономера **2**, а $T_{5\%} = 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ (воздух) и $T_{5\%} = 522\text{ }^{\circ}\text{C}$ (аргон).

Полученные нами мономеры обладают низкими температурами стеклования ($6\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ для мономеров **1** и **2** соответственно), а отвержденные матрицы обладают термоустойчивостью, характерной для фталонитрильных матриц.

Публикации студента: <http://istina.msu.ru/profile/R.Korotkov/>



20-5

Сулимов Артём Витальевич



МГУ им. М.В. Ломоносова



Институт новых материалов и технологий

**Получение углепластика на основе
высокотемпературного фталонитрильного
связующего методом вакуумной инфузии**

Сулимов А.В.

Научный руководитель: к.х.н. с.н.с. Булгаков Б.А.

Москва, 2017



Применение высокотемпературных ПКМ

- + Высокие механические характеристики при малом удельном весе
 - + Сохранение механических свойств при повышенных температурах
 - + Коррозионная стойкость
- + Высокая термоокислительная стабильность
- Сложность формования готовых изделий



2



Руководитель: к.х.н., с.н.с. Булгаков Борис Анатольевич,
<http://istina.msu.ru/profile/borisbulgakov/>

Высокотемпературные углепластики с фталонитрильными матрицами, полученные методом вакуумной инфузии

Сулимов А.В.

Руководитель: к.х.н. с.н.с. Булгаков Б.А.

На сегодняшний день все большее распространение получают полимерные композиционные материалы (ПКМ), ввиду сравнимых с алюминиевыми сплавами механических параметров при меньшем удельном весе. ПКМ на основе фталонитрильных связующих отличаются высокими термическими свойствами отвержденной матрицы ($T_{\text{разм}} > 400 \text{ }^\circ\text{C}$), таким образом использование подобных материалов максимально перспективно в отраслях, требующих применения нагруженных деталей при повышенных температурах (авиационная, космическая промышленность). Основным недостатком фталонитрильных связующих для ПКМ является узкий технологический интервал перерабатываемости, связанный с близостью температур плавления исходного мономера (170-200 $^\circ\text{C}$) и начала полимеризации (220-250 $^\circ\text{C}$). Ранее введением силоксанового фрагмента в структуру фталонитрильного мономера удалось расширить технологический интервал более, чем на 100 $^\circ\text{C}$ с сохранением высокой термостойкости отвержденной матрицы, но сложность масштабирования методики синтеза кремнийсодержащих мономеров затрудняет их применение в промышленных масштабах. Исходя из того, что фосфаты известны в качестве антипиренов, нами было предложено введение фосфатного мостика для получения легкоплавких фталонитрильных мономеров, пригодных для формования ПКМ недорогими и эффективными инъекционными методами. Вакуумная инфузия является наиболее перспективным методом формования ПКМ ввиду возможности формования крупных деталей сложной формы с минимальным числом соединительных элементов и отсутствия необходимости использовать дорогостоящее оборудование, однако для инфузии пригодны связующие только с низкими значениями вязкости ($\eta < 1000 \text{ мПа}\cdot\text{с}$).

Таким образом, целью данной работы стала разработка легкоплавкого фталонитрильного связующего и углепластика на его основе методом вакуумной инфузии. Для её достижения была поставлена задача получения фталонитрильного мономера с низким значением вязкости, изучение механических и термических свойств отвержденной матрицы, и дальнейшее формование углепластика на основе полученного связующего методом вакуумной инфузии с исследованием функциональных свойств.

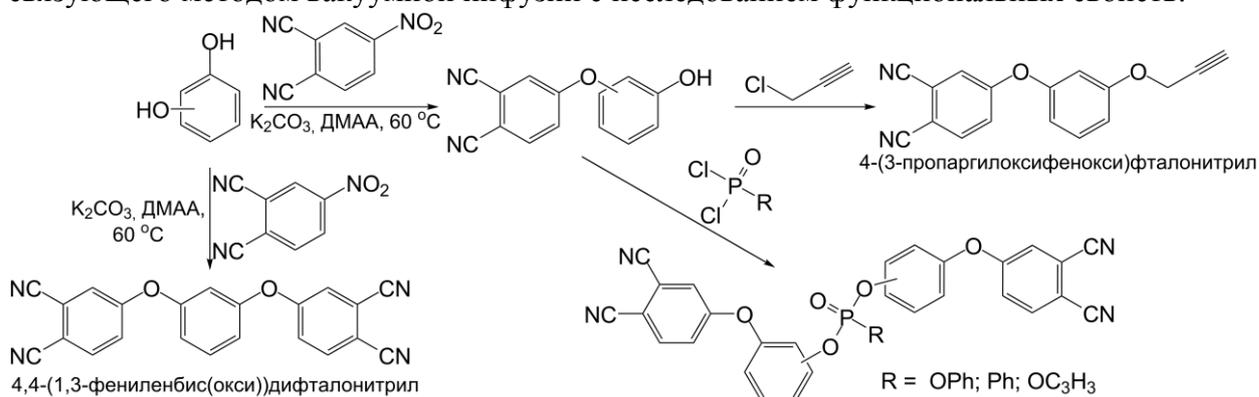


Рисунок 1. Схема синтеза используемых соединений

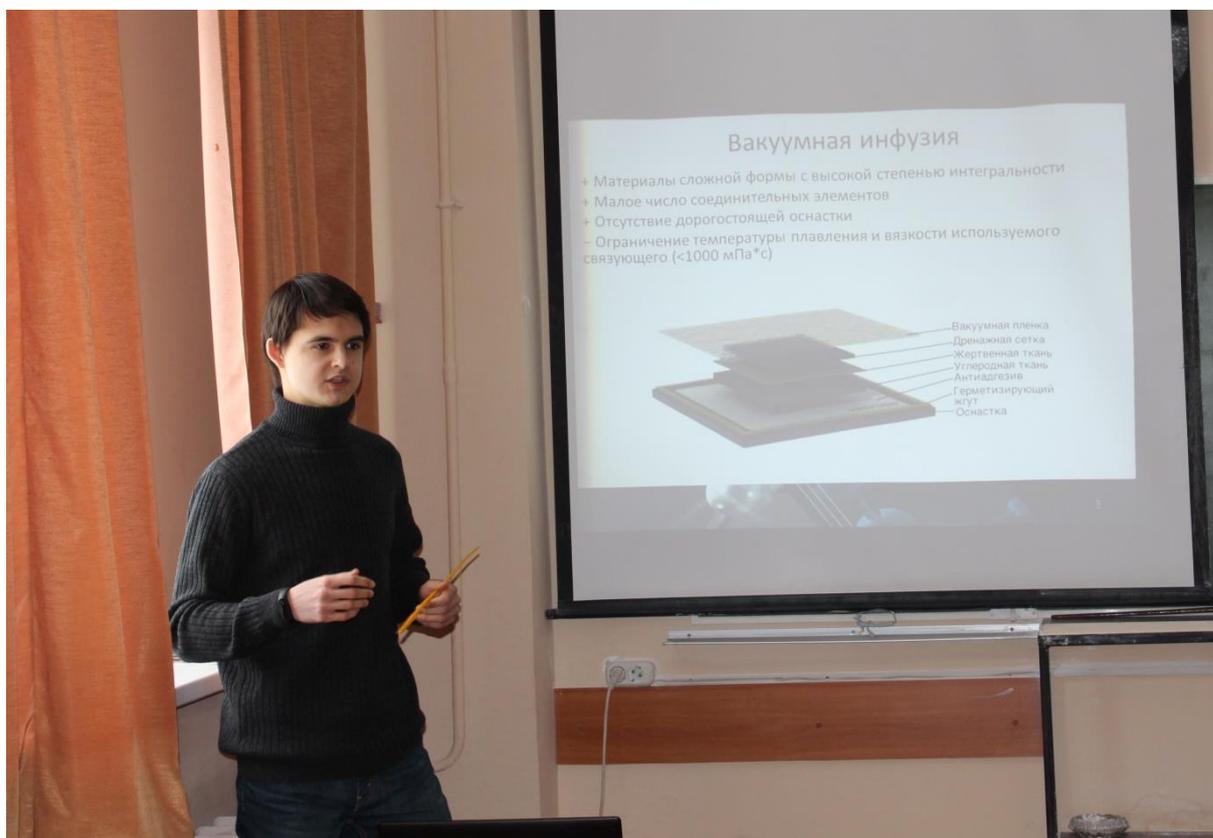
Для решения поставленных задач нами был синтезирован ряд новых фосфорсодержащих бис-фталонитрилов. Кроме того, был синтезирован мономер, содержащий две независимые термореактивные группы - 4-(3-пропаргилоксифенокси)фталонитрил с температурой плавления 118 $^\circ\text{C}$ и вязкостью

расплава $\eta=43$ мПа*с. Схема синтеза мономеров, полученных в данной работе, приведена на рис. 1.

В результате эксперимента нами были получены с высоким выходом мономеры, устойчивые к гидролизу, что подтверждено тем, что продукт был выделен методом флеш-хроматографии на силикагеле с высоким выходом, а также двумерной ТСХ. Металоориентированный мономер с фенокси-группой при фосфоре обладает приемлимой температурой стеклования $T_g=22$ °С, кроме того, после отверждения с 4% м-АФБ матрица на его основе демонстрирует характерные для класса фталонитрилов параметры ($T_{разм} >400$ °С, $T_{разл} >500$ °С). С использованием классического фталонитрильного мономера 4,4-(1,3-фениленбис(окси))дифталонитрила были разработаны составы связующих PN-2 и PN-3, пригодные для вакуумной инфузии по своим вязкостным характеристикам. Исследование механических свойств материалов показало, что прочностные характеристики находятся на уровне высокотемпературных ПКМ ($\tau_{12}^{25} = 66-78.1$ МПа, $\sigma_{11}^{25} = 600-669$ МПа) и сохраняются при повышении температуры до 300 °С не менее, чем на 85% ($\tau_{12}^{300} = 64-72.6$ МПа, $\sigma_{11}^{300} = 536-691$ МПа). ПКМ на основе связующего PN-3 демонстрирует лучшие механические характеристики.

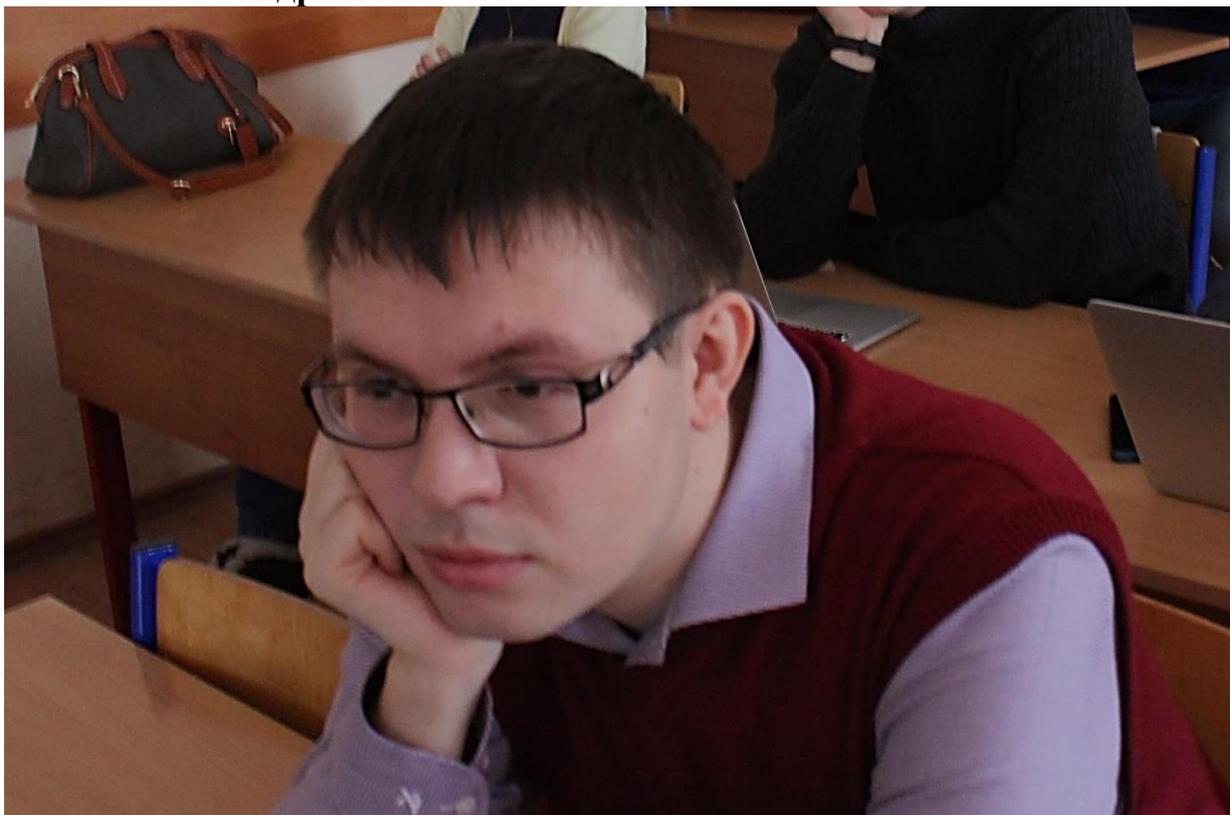
В ходе работы был синтезирован новый фталонитрильный мономер, содержащий фосфатный фрагмент с низкой температурой стеклования $T_g = 22$ °С, в отвержденном состоянии сохраняющий высокие термические параметры, присущие фталонитрильным матрицам. Был предложен совершенно новый подход к формованию высокотемпературных углепластиков методом вакуумной инфузии и продемонстрирована его эффективность. Результаты работы могут найти применение в аэрокосмической отрасли для производства деталей сложной формы из ПКМ для высокотемпературных применений, например, лопаток газотурбинных двигателей. По результатам работы опубликовано 2 статьи в рецензируемых научных журналах, 3 статьи находятся на стадии рассмотрения, подана заявка на патент.

Публикации студента: <http://istina.msu.ru/profile/SulimovAV/>



20-6

Ванеев Александр Николаевич



Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова
Факультет наук о материалах

Лаборатория «Химический дизайн бионаноматериалов»
кафедры химической энзимологии химического факультета

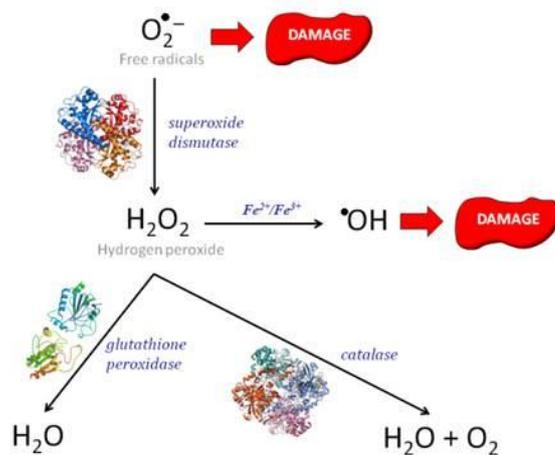
**Синтез наночастиц супероксиддисмутазы 1 (СОД)
и оценка их биологической активности
для применения в антиоксидантной терапии
в офтальмологии**

**Работу выполнил: Ванеев Александр Николаевич,
студент 4 курса ФНМ МГУ**

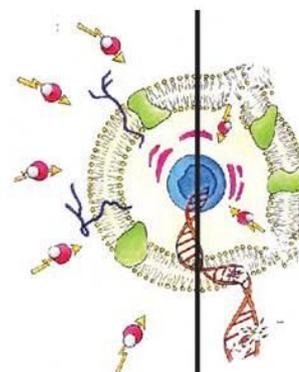
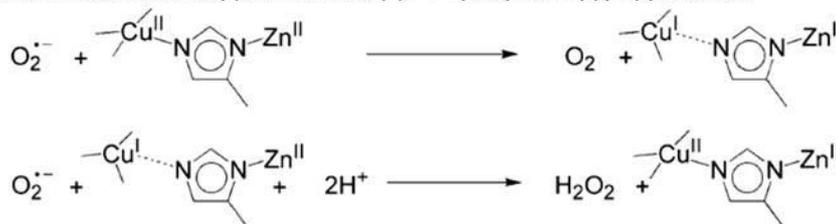
**Научные руководители: д.х.н., профессор Клячко Н.Л.,
аспирант 2 г/о Химического факультета МГУ Алексашкин А.Д.**

20.01.2017

Окислительный стресс и последствия



Механизм взаимодействия СОД1 с супероксид радикалом



От руководителей: асп. 2 г/о Алексашкин Антон Дмитриевич,
<http://istina.msu.ru/profile/AntonD.Aleksashkin/>

Синтез наночастиц супероксиддисмутазы 1 и оценка их биологической активности для применения в антиоксидантной терапии в офтальмологии

Ванеев А.Н.

Руководители: д.х.н., проф. Клячко Н.Л.; асп. Алексахкин А.Д.

В настоящее время ведется активный поиск новых средств для лечения заболеваний глаз, связанных с воспалительными процессами. Одним из таких заболеваний является увеит - воспаление сосудистой оболочки глаза. При отсутствии должной терапии увеит часто приводит к слепоте. В патогенезе увеита важную роль играет окислительный стресс, и введение антиоксидантов может оказаться эффективным. Антиоксидантные ферменты, такие как супероксиддисмутаза (СОД) и каталаза, обладают на порядки большей эффективностью по сравнению с низкомолекулярными антиоксидантами, поскольку ферменты способны многократно вступать в реакцию с субстратом. Однако местное введение нативных ферментов (в виде глазных капель) оказывается неэффективным в связи с их быстрым выведением. Важно создать систему, которая будет обладать, во-первых, большим временем удерживания в области глазных тканей, во-вторых, малой иммуногенностью. Поэтому целью данной работы было получение наночастиц СОД, покрытых хитозаном. Полимерная оболочка должна снизить иммуногенность препарата, а хитозан, благодаря своим мукоадгезивным свойствам, увеличить время удерживания.

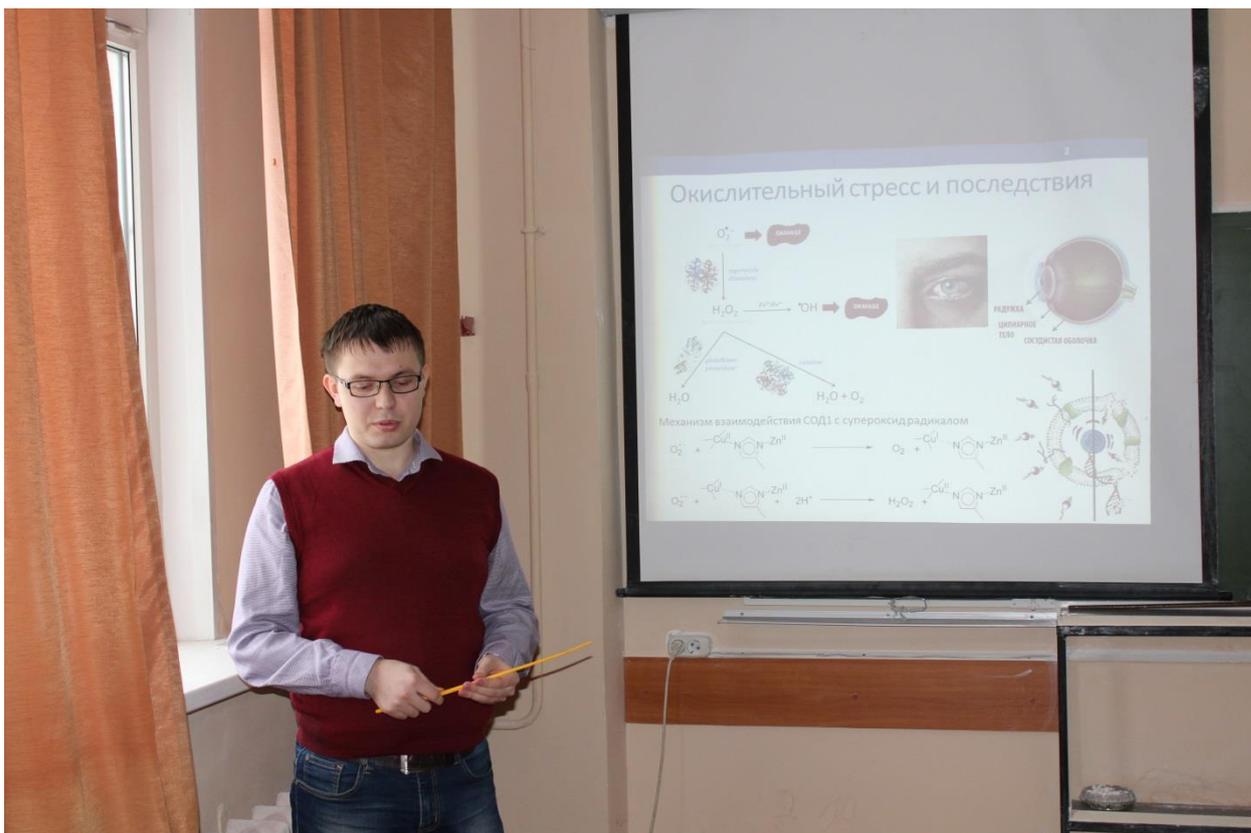
На первом этапе были получены наночастицы СОД на основе блок-иономерных комплексов с полиионами. Для этого к раствору СОД добавляли раствор протамина, а затем раствор полианиона ПЭГ-ПГ (сополимер метокси-поли(этиленгликоль)₁₁₃-блок-поли(L-глутаминовой кислоты натриевая соль)₅₀). Затем добавляли глутаровый альдегид (0,5% водный раствор). Побочные продукты и непрореагировавшие реагенты удаляли центрифугированием. Данная методика позволила получить наночастицы СОД отрицательного заряда диаметром 45 нм. Активность наночастиц была определена с использованием реакции автоокисления пирогаллола.

Эксперименты по высвобождению проводились с использованием диализных контейнеров (100 кДа). Было показано, что СОД из наночастиц с течением времени высвобождается гораздо медленнее, чем нативная СОД, и суммарная активность наночастиц продолжает сохраняться в течение 24 часов. Так, за 24 часа из раствора с нативным ферментом высвободилось 90% СОД, за это же время из раствора с наночастицами только 30%. Это свидетельствует о том, что СОД прочно связана с полимерами, и, благодаря этому, частицы могут обладать большим временем циркуляции по сравнению с нативным ферментом.

На втором этапе к наночастицам СОД добавляли раствор хитозана. Было показано, что наночастицы СОД под воздействием хитозана с высокой молекулярной массой (~100 кДа) разрушаются. При добавлении низкомолекулярного хитозана (молекулярная масса 5 кДа, раствор в воде 1 мг/мл) размеры частиц незначительно увеличиваются (с 45 нм до 50 нм), разрушения частиц не происходит. Покрытие наночастиц хитозаном подтверждается изменением дзета-потенциала (с отрицательного на положительный).

Таким образом, были получены стабильные наночастицы СОД, в которых СОД прочно связана с полимерами, и, благодаря этому, может обладать большим временем циркуляции по сравнению с нативным ферментом; добавление высокомолекулярного хитозана приводит к разрушению частиц; добавление низкомолекулярного хитозана приводит к изменению поверхностного заряда частиц с отрицательного на положительный, при этом наночастицы не разрушаются.

Публикации студента: http://istina.msu.ru/profile/Vaneev_AN/



20-7

Кузина Мария Алексеевна



МГУ им. М.В.Ломоносова

Факультет Наук о Материалах

Кафедра междисциплинарного материаловедения

**Синтез порошков фосфатов кальция в неводных
средах для изготовления остеокондуктивной
резорбируемой биокерамики**

Кузина Мария Алексеевна, 4 курс

Научные руководители:
Ларионов Д.С., инж.;
Путляев В.И., доц., к.х.н.

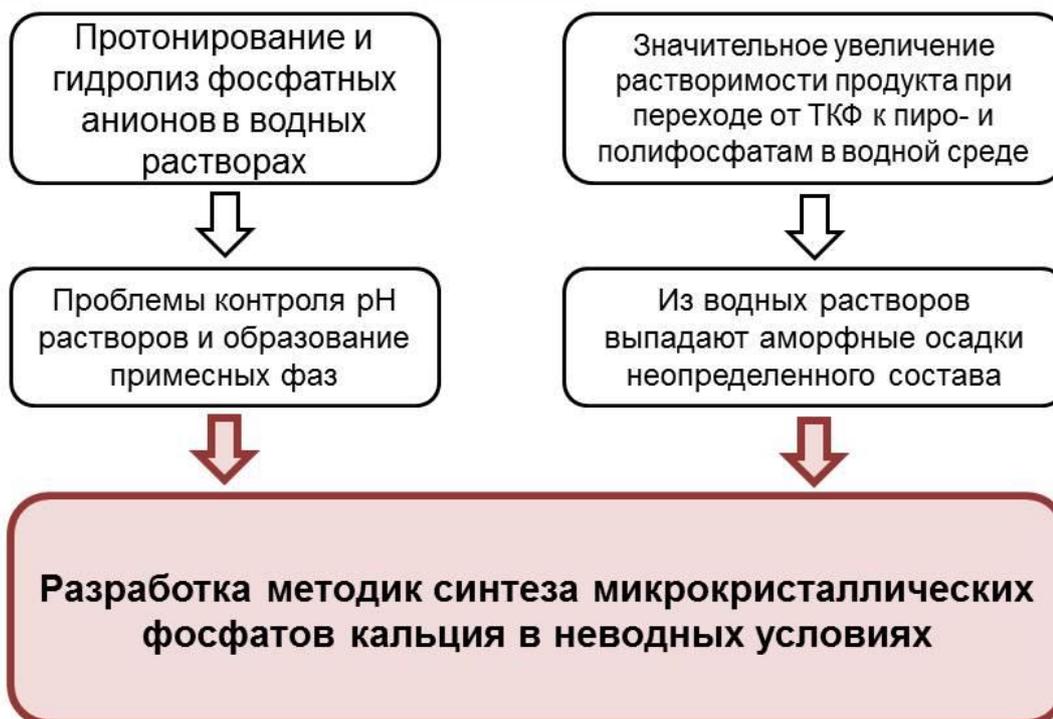
20.01.2017

Биоматериалы



2

Мотивация



3



Руководители: доц., к.х.н. Путьяев Валерий Иванович, <http://istina.msu.ru/profile/putl/>



инж. Ларионов Дмитрий Сергеевич, <http://istina.msu.ru/profile/Albaruthenica/>

Синтез порошков фосфатов кальция в неводных средах для изготовления остеокондуктивной резорбируемой биокерамики

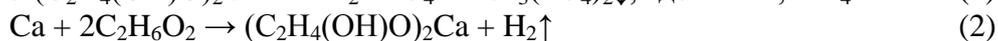
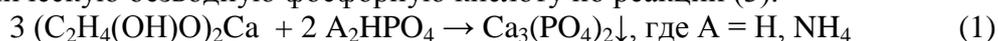
Кузина М.А.

Руководители: к.х.н., доц. Путляев В.И; инж. Ларионов Д.С.

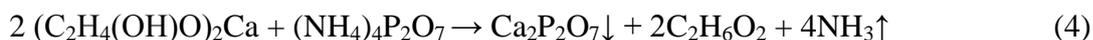
Актуальная задача современного материаловедения – создание макропористой биокерамики нового поколения на основе широкого ряда фосфатов кальция для замены и регенерации костной ткани. Отдельной темой исследований является разработка биорезорбируемых материалов, служащих одновременно источником питательных веществ для роста костной ткани. В общем случае скорость резорбции имплантата пропорциональна соотношению Са/Р в материале, а контролировать его можно, используя би- и многофазную керамику заданного состава на основе ортофосфата и конденсированных фосфатов кальция.

Сложность получения конденсированных фосфатов кальция в водной среде связана с негативным влиянием воды на образование кристаллических фаз, в то время как твердофазные методы получения невыгодны из-за использования высоких температур. Альтернативой является использование диапазона от 90 до 350 °С, которое не только менее энергозатратно, но и может существенно улучшить морфологию и размер получаемых частиц благодаря отсутствию водной фазы. Таким образом, главной целью работы является разработка научно-обоснованных подходов к созданию макропористой биокерамики на основе микрокристаллических фосфатов кальция с заданным составом в диапазоне Са/Р = 0.5 – 1.5, синтезированных в неводных растворах. Для достижения поставленной цели предложено решить следующие задачи: 1) выбор высококипящих неводных растворителей и растворимых в них кальций – и фосфоросодержащих прекурсоров для получения микрокристаллических фосфатов кальция; 2) выявление оптимальных методик синтеза, исследование полученных образцов и установление зависимости размера, морфологии частиц от температуры и времени синтеза; 3) определение параметров стереолитографической печати макропористых моделей из полученных фосфатных порошков; 4) изготовление прототипа имплантата – макропористой остеокондуктивной керамики с заданной архитектурой.

По итогам наших предыдущих исследований в качестве наиболее удобного протонного растворителя и среды для проведения синтезов был выбран этиленгликоль. Этот растворитель обладает довольно высокой температурой кипения, при этом он не слишком вязкий и относительно легко удаляемый. Главным преимуществом этиленгликоля является хорошая растворимость многих неорганических веществ, в частности, фосфатов аммония. Общий механизм получения ортофосфата кальция (ТКФ) в этиленгликоле описывает реакция (1). Полученный осадок перемешивали в горячем растворе (110-150°С) в течение 4 часов, центрифугировали и обжигали при 900°С. Этиленгликолят кальция предварительно получали взаимодействием металлического гранулированного кальция с этиленгликолем (2). Для проведения реакции с кислотой получали кристаллическую безводную фосфорную кислоту по реакции (3).

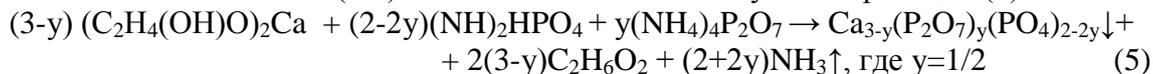


Пирофосфат кальция (ПФК) в этиленгликоле получали с использованием того же механизма реакции, без сопутствующих продуктов, по реакции (4). Пирофосфат аммония предварительно получали ионным обменом коммерческого пирофосфата натрия и ионообменной смолы-катионита (КУ-2-8) с последующей нейтрализацией раствора пирофосфорной кислоты аммиачной водой и кристаллизацией (методика, апробированная нами ранее).



Осадок ПФК перемешивали в горячем растворе (90-150°C) в течение 4 часов, отделяли центрифугированием, сушили и обжигали при 700-900°C.

Бифазный композит ТКФ:ПФК (1:1) в этиленгликоле был получен по реакции (5).



Смешанно-анионный прекурсор $\text{Ca}_{3-y}(\text{P}_2\text{O}_7)_y(\text{PO}_4)_{2-2y}$ осаждали при температурах не выше 110°C во избежание расслаивания и потери гомогенности, поскольку ПФК имеет тенденцию к быстрой кристаллизации. Осадок центрифугировали и обжигали при 900°C.

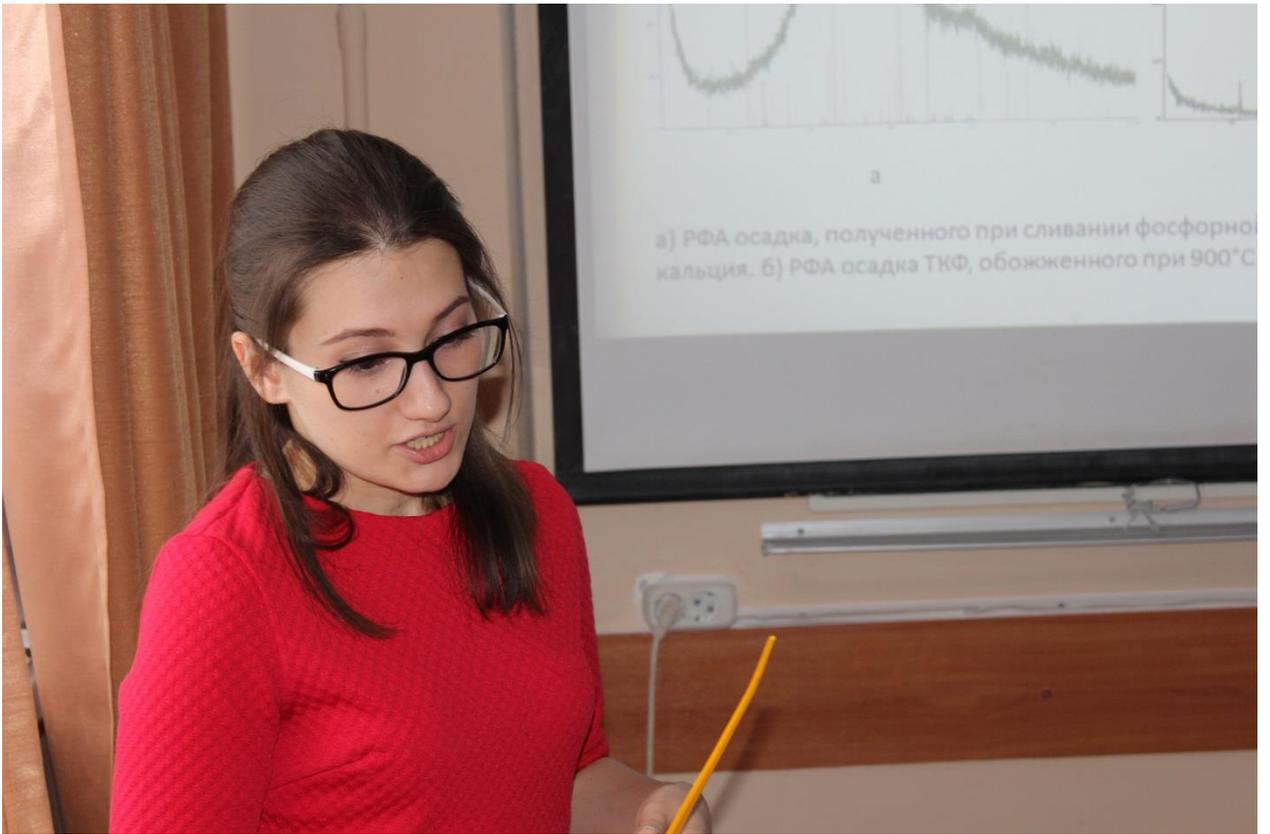
Полученные в ходе работы прекурсоры и образцы исследовались с помощью методов рентгенофазового анализа, растровой и просвечивающей электронной микроскопии, динамического светорассеяния, ИК-спектроскопии.

Одним из важнейших результатов проделанной работы является разработка методики синтеза различных фосфатов кальция в этиленгликоле. Она позволяет получать фосфаты заранее заданного сложного состава, в частности, перспективные резорбируемые материалы на основе двойных фосфатов $\text{Ca}_{3-x}\text{M}_{2x}(\text{PO}_4)_2$ ($\text{M}=\text{Na}, \text{K}$), а также композиты ТКФ/ПФК/полиФК. В ходе исследования удалось решить проблему низкой растворимости фосфатного компонента и баланса кислотных/основных форм в растворе за счет использования сильного сопряженного основания $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})\text{O}^-$ (гидроксигликолят-ион) для эффективного связывания протонов в очень слабую сопряженную кислоту. Следует также отметить, что синтез характеризуется отсутствием побочных продуктов. Синтезированные неводным методом порошки ТКФ могут быть использованы для изготовления макропористой керамики с остеокондуктивной архитектурой. Ионотермальный синтез в расплавах опробован, но требует дальнейшей доработки, основной его недостаток – необходимость отделения ТКФ от затвердевшего нитратного расплава.

Таким образом, в ходе работы разработаны новые способы неводного синтеза трикальцийфосфата $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (ТКФ), а также пирофосфата кальция $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ (ПФК) и композитов ТКФ/ПФК в среде ЭГ в диапазоне температур 25-150°C. Описаны закономерности формирования фазового состава, микроморфологии и гранулометрии полученных порошков, а также их эволюция в процессе синтеза.

Дальнейшие планы по завершению работы включают в себя синтез полифосфатов кальция с использованием полифосфатов аммония, синтеза бифазных керамик с заданным соотношением составов на их основе. Отдельной частью исследования будет получение смешанно-ионных фосфатов, например, ренанита (CaNaPO_4) без спекания и бифазной керамики ТКФ-ренанит. Кроме этого, продолжится исследование неводных сред, в частности, оптимальных условий ионотермального синтеза. Конечной стадией исследований является создание прототипа имплантата – макропористой остеокондуктивной керамики с заданной архитектурой. На этом этапе необходимо определение параметров печати и термообработки отпечатанных моделей.

Публикации студентки: istina.msu.ru/profile/mariyakuzina/



20-8

Ильясов Леонид Олегович



Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Химический факультет
Кафедра высокомолекулярных соединений
Лаборатория функциональных полимеров и полимерных материалов

Включение квантовых точек в полимерную матрицу с контролируемыми свойствами

Научный руководитель:

к.х.н., доцент Жирнов Артём Евгеньевич

Работа студента 4 курса

Факультета наук о материалах МГУ

Ильясова Леонида Олеговича

Москва, 2017

Квантовые точки

- Высокий квантовый выход
- Узкий спектр испускания
- Широкий диапазон поглощения
- Большая фотостабильность.



Полиметилметакрилат

- Высокая прозрачность
- Возможность полимеризации дисперсии нанодобавок в жидком мономере
- Введение ППО приводит к пластификации без изменения прозрачности

2



Руководители: к.х.н., доц. Жирнов Артем Евгеньевич <http://istina.msu.ru/profile/jyrnoff/>

Включение квантовых точек в полимерную матрицу с контролируемыми свойствами

Ильясов Л.О.

Руководитель: к.х.н., доц. Жирнов А.Е.

В нашей лаборатории исследуются системы на основе полимерной матрицы полиметилметакрилат (ПММА)/полипропиленоксид (ППО), где ППО используется в качестве пластификатора. Данные системы отличаются тем, что при полимеризации ПММА с введением ППО значительно снижается температура стеклования, при этом сохраняется прозрачность матрицы. Таким образом, при введении достаточного количества ППО удастся получить образцы эластичной прозрачной полимерной матрицы. В предыдущих исследованиях были предприняты попытки синтезировать флуоресцентные нанокпозиционные материалы на основе квантовых точек (КТ) CdSe и матрицы ПММА или ПММА/ППО. Было обнаружено, что при отсутствии в материале ППО максимум спектра флуоресценции оставался таким же, как и для дисперсии КТ в гексане, однако максимум спектра флуоресценции КТ смещается в коротковолновую область при увеличении содержания ППО в продукте. Соответственно, прямой подход к синтезу подобных наноккомпозитных материалов не позволяет получить стабильных флуоресцентных свойств.

Основной целью нашей работы было создание флуоресцентных материалов на основе квантовых точек CdSe (КТ) и полимерной матрицы с различным содержанием ППО со стабильными флуоресцентными свойствами. Решались задачи: 1) исследовать влияние размеров КТ, свойств матрицы на обнаруженный эффект; 2) исследовать свойства полученных наноккомпозитов; 3) получить образцы, для которых положение максимума флуоресценции КТ остается неизменным независимо от содержания ППО.

Мы использовали полиметилметакрилат (ПММА) в качестве основы и полипропиленоксид (ППО) в качестве пластификатора. Квантовые точки были синтезированы методом взрывной нуклеации. Мономер ММА и ППО при комнатной температуре находятся в жидком состоянии, соответственно, для создания наноккомпозита мы полимеризовали коллоидный раствор КТ в смеси мономера и ППО. Для изоляции КТ методом эмульсионной полимеризации были получены микрочастицы ПММА с включенными КТ. В качестве агента сшивки вводили диметакрилат этиленгликоля (12 масс.% по отношению к мономеру). Частицы затем высушили и охарактеризовали методом динамического светорассеяния, средний размер составил 100 нм. Для получения наноккомпозитов с микрочастицами ПММА их распределяли в мономерной смеси ММА/ППО и полимеризовали. Для всех синтезированных образцов были исследованы их свойства методами флуоресцентной спектроскопии, термомеханического анализа, динамометрии.

В процессе исследований было показано, что влияние матрицы на спектр флуоресценции КТ не зависит от их размера (было получено три серии образцов – с КТ размера 2,7 нм, 3,3 нм и 4,2 нм). Была выдвинута гипотеза, что смещение спектра флуоресценции происходит из-за изменения свойств матрицы, а именно диэлектрической проницаемости, которая, как было обнаружено, линейно возрастает при увеличении доли ППО. Однако в соответствии с существующей теорией флуоресценции при этом максимум спектра флуоресценции должен смещаться в длинноволновую область, то есть, наблюдаемый нами эффект не связан с изменением диэлектрической проницаемости матрицы, по крайней мере, напрямую. Для того, чтобы избежать влияния матрицы, КТ были помещены в микрочастицы ПММА, и затем были получены образцы наноккомпозитов с этими частицами. Было обнаружено, что максимум спектра флуоресценции не менялся для образцов с добавлением ППО и без него. Интенсивность

флуоресценции оказалась мала, так как было добавлено недостаточное количество КТ. В будущем планируются исследования для образцов с большим количеством КТ и подтверждение полученных результатов. Также были исследованы механические свойства образцов, содержащих наночастицы полимера (вплоть до 10 масс.%). Показано, что ПММА с распределенными наночастицами имеет схожие с чистым ПММА механические свойства. Немного понижается температура стеклования, в то время как модуль Юнга и предел вынужденной эластичности почти не изменяют свое значение.

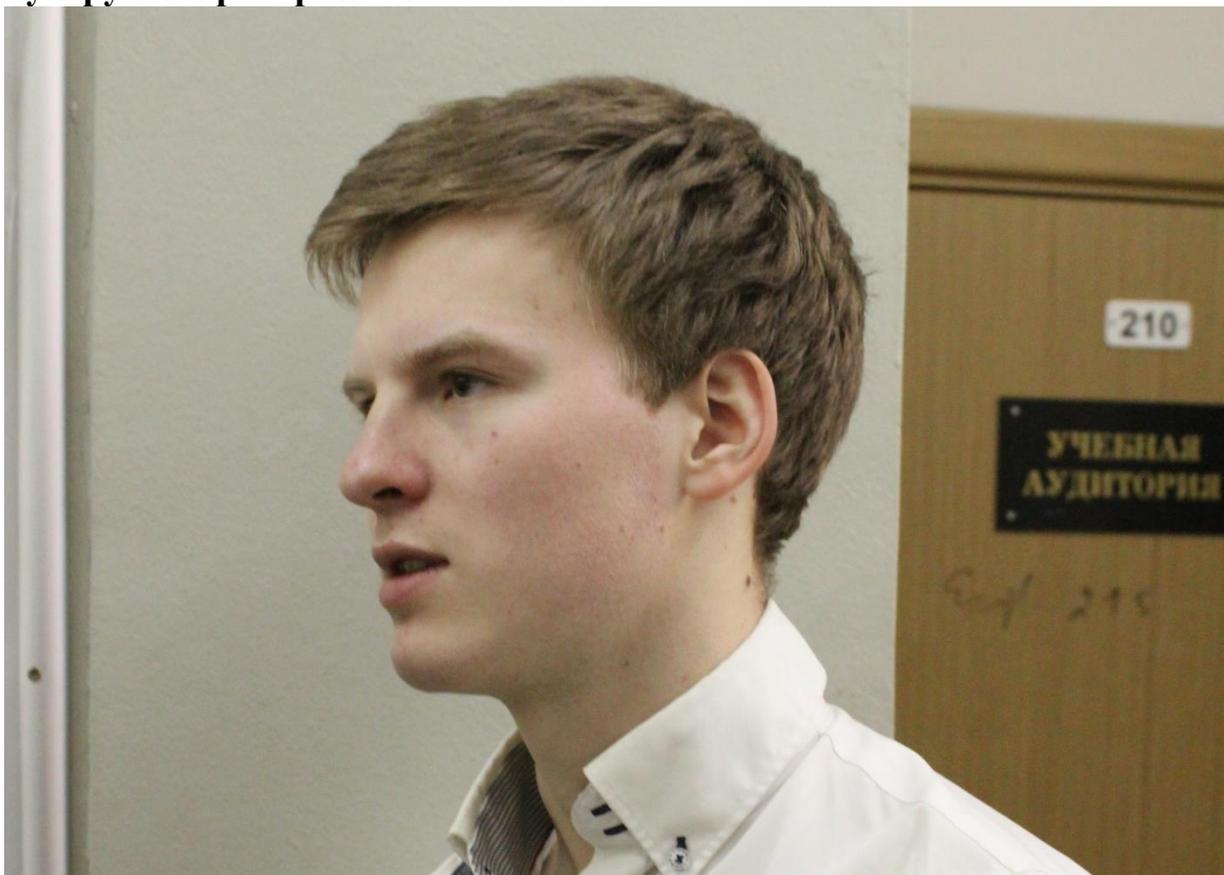
Таким образом, были изучены свойства систем на основе эластичной матрицы ПММА/ППО и КТ. Показано, что изменение спектра флуоресценции КТ происходит из-за изменения свойств матрицы. Синтезированы образцы нанокомпозитов, в которых КТ изолированы в шитых полимерных микрочастицах. Подобное изолирование приводит к получению прозрачных флуоресцентных эластичных материалов без смещения спектра флуоресценции, то есть с предсказуемыми и стабильными флуоресцентными свойствами, однако данные результаты предстоит подтвердить на образцах с более высоким содержанием КТ и, соответственно, с большей интенсивностью флуоресценции.

Публикации студента: <http://istina.msu.ru/profile/illeo98>



20-9

Сухоруков Григорий Алексеевич



**Синтез замещенных производных
аниона $[B_{12}H_{12}]^{2-}$ и
изучение ориентационного влияния
вводимых групп.**

Сухоруков Г.А.

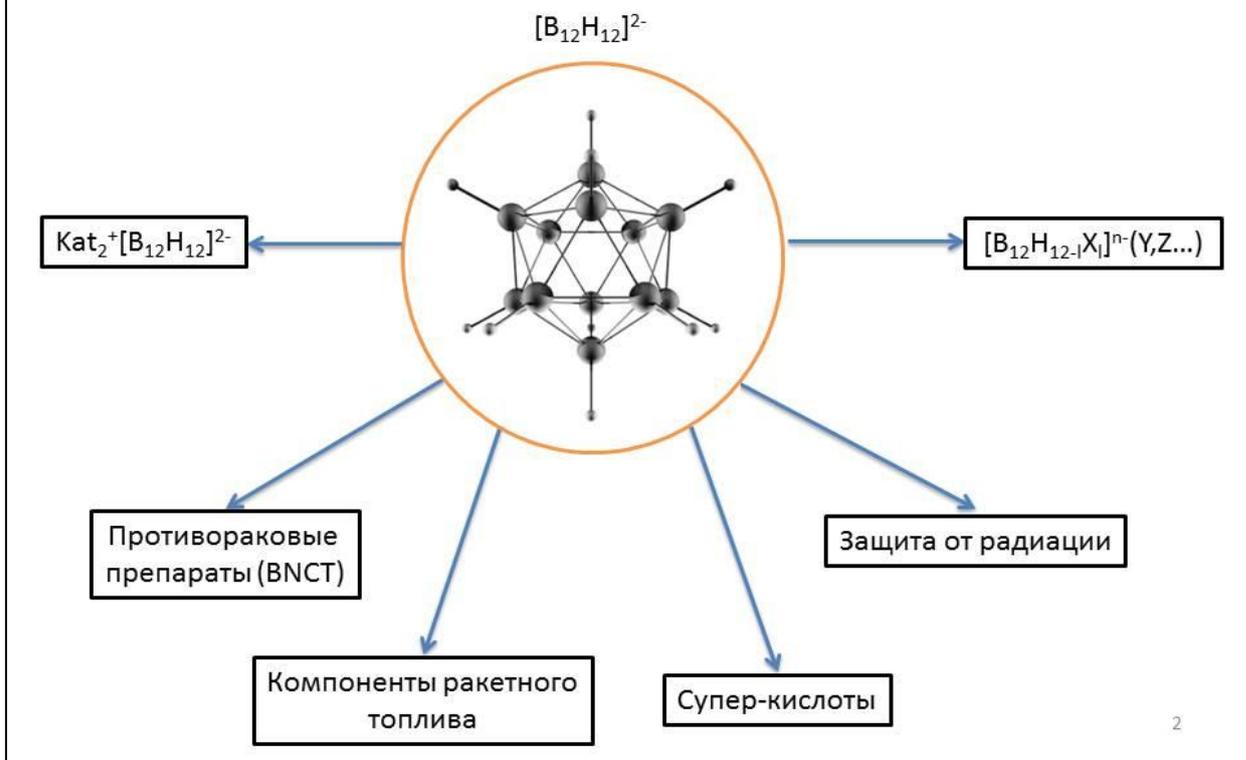
Руководители:

д.х.н, академик РАН, проф. Солнцев К.А.

к.т.н., Чернявский А.С.

Москва, ФНМ МГУ, 2017

$[B_{12}H_{12}]^{2-}$ анион и его применение



От руководителей: к.т.н., с.н.с. Чернявский Андрей Станиславович,
<http://www.imet.ac.ru/ncd-1-4-36/news.html>

Синтез замещенных производных аниона $[B_{12}H_{12}]^{2-}$ и изучение ориентационного влияния вводимых групп.

Сухоруков Г.А.

Руководители: д.х.н., проф. Солнцев К.А., д.т.н., Чернявский А.С.

Додэкагидро-додэкаклозоборат анион $[B_{12}H_{12}]^{2-}$ является одним из наиболее химически устойчивых представителей класса полиэдрических соединений бора. Каркас этого аниона, состоящий из трехцентровых-двухэлектронных и двухцентровых-двухэлектронных связей, построен таким образом, что электронная плотность распределена по нему равномерно. Такая система спаренных электронов получила название 3D-ароматической. Широко известные в классической органической химии реакции замещения водорода в ароматических соединениях также характерны и для 3D-ароматического аниона $[B_{12}H_{12}]^{2-}$. Химия замещенных производных аниона $[B_{12}H_{12}]^{2-}$ чрезвычайно разнообразна в силу большого количества пространственно не затрудненных положений, доступных для замещения и представляет большой интерес как с научной, так и с прикладной точки зрения. Однако закономерности замещения в 3D-ароматическом анионе пока исследованы далеко не так хорошо, как в 2D органических аналогах. Кроме того, получение соли аниона $[B_{12}H_{12}]^{2-}$ само по себе является непростой синтетической задачей, вследствие высокой токсичности и пожароопасности прекурсоров и продуктов реакции.

В работе по изучению аниона $[B_{12}H_{12}]^{2-}$ и его производных мы поставили перед собой две основные цели. Первая цель - освоение и модификация методики синтеза аниона $[B_{12}H_{12}]^{2-}$, вторая - синтез производных аниона $[B_{12}H_{12}]^{2-}$ и изучение закономерностей замещения.

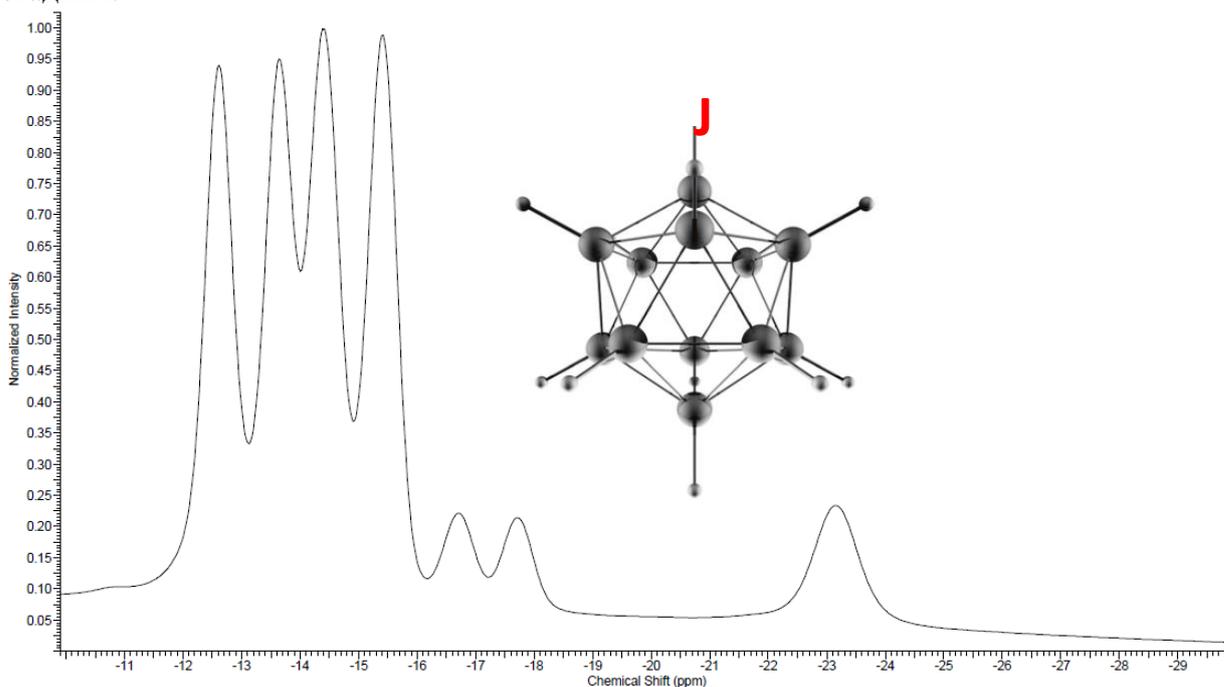
Синтез соли аниона $[B_{12}H_{12}]^{2-}$ из декаборана по литературным данным осуществляется добавлением раствора борогидрида натрия к раствору декаборана-14 в среде диглима. Схема реакции имеет следующий вид: $B_{10}H_{14} + 2[BH_4]^- \rightarrow [B_{12}H_{12}]^{2-} + 5H_2$. Для изучения процессов замещения синтезировали, выделяли и охарактеризовывали моно-(-Hal, -OH, -C(O)R, -SCN)-замещенные производные аниона $[B_{12}H_{12}]^{2-}$ и устанавливали ориентирующее влияние введенных заместителей на последующее замещение. Мы предположили, что на первом этапе исследования наиболее простым и эффективным методом установления способности к замещению в различных по отношению к заместителю положениях в анионах $[B_{12}H_{11}R]^{2-}$ является реакция замещения атомов водорода на атомы дейтерия.

Синтез аниона $[B_{12}H_{12}]^{2-}$ проводили как гетерофазную реакцию, увеличив количество борводородов в 4 раза по сравнению литературными данными. Время синтеза аниона увеличилось с 7 рабочих дней до 23. Выход целевого продукта по сравнению с литературными данными не изменился и составил 91%. Чистота полученного продукта была установлена B^{11} ЯМР спектроскопией. При этом количество операций с токсичным декабораном сократилось в 4 раза.

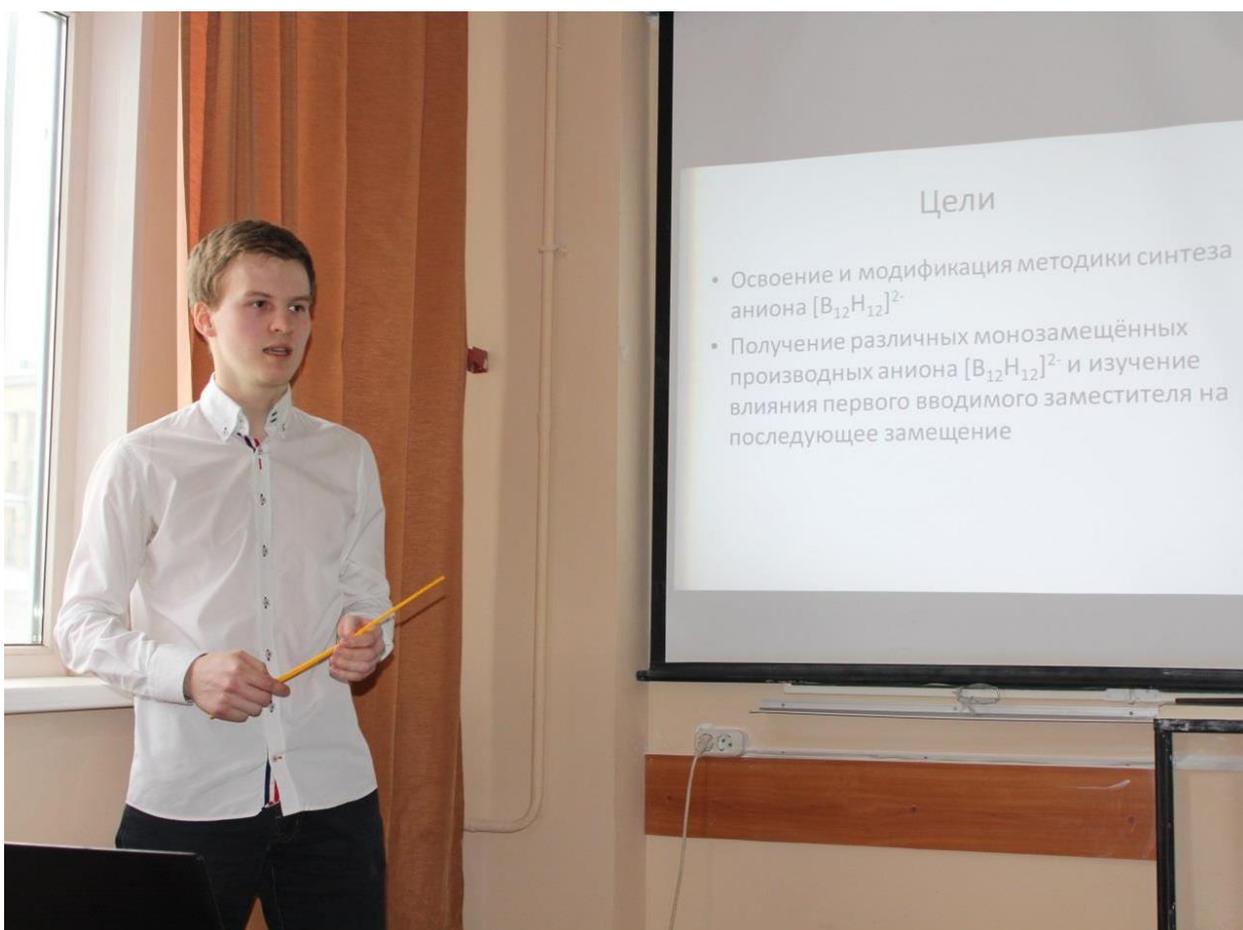
Были получены, выделены и охарактеризованы методом B^{11} ЯМР следующие соединения: $K_2B_{12}H_{11}I$, $K_2B_{12}H_{11}SCN$ и $(Bu_4N)_2B_{12}H_{11}(OH)$. Для соли $K_2B_{12}H_{11}I$ проведена реакция дейтерирования. Замещение водорода на дейтерий устанавливали B^{11} ЯМР спектроскопией.

Предложена усовершенствованная методика получения аниона $[B_{12}H_{12}]^{2-}$. Осуществлен синтез серии производных аниона $[B_{12}H_{12}]^{2-}$ и проведена пробная реакция дейтерирования. Планируется оптимизация скорости нагрева проведением еще двух синтезов аниона с целью сокращения времени синтеза. Для изучения дейтерирования и установления порядка замещения в различных поясах и вершинах борного остова, для каждого замещенного аниона планируется установить оптимальное время снятия

спектров. Планируется подробно описать протекание реакции дейтерирования по ее стадиям.



Публикации студента <http://istina.msu.ru/profile/Grigoruar/>



20-10

Морозова Полина Александровна



Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

Факультет наук о материалах

Кафедра неорганической химии

Лаборатория неорганического материаловедения

Исследование возможности создания мемристоров на основе плёнок анодного оксида титана

Морозова Полина Александровна
студентка 4 курса ФНМ

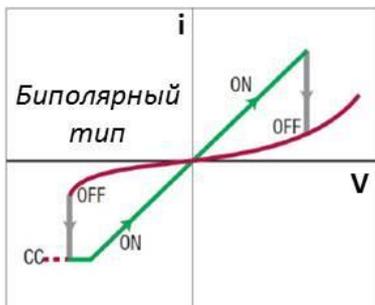
Научный руководитель:
м.н.с., к.х.н. Петухов Д.И.

20 января 2017
Москва

Мемристор

От англ. **memory resistor**

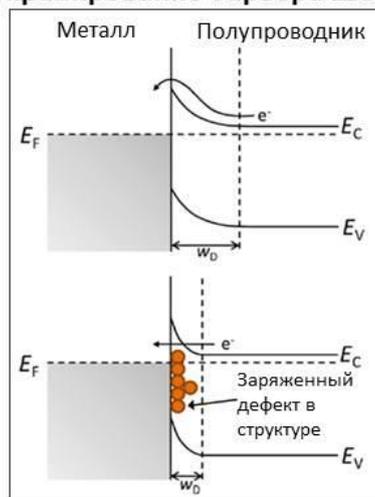
- **Механизм работы**
При малых напряжениях и токе - резистор
При больших напряжениях и токе - обратимое переключение
- **Переключение**



- **Области применения**
Элемент энергонезависимой памяти
Элемент для нейроморфных вычислений

[1] Strukov et al./*Nature* 453, 80–83 (2008)
[2] Yang et al./*Nature Nanotechnology* 3, 429-433 (2008)
[3] D. Regonini et al./*Materials Science and Engineering R* 74, 377-406 (2013)
[4] Matthew D. Pickett, Electronic Thesis and Dissertations UC Berkeley (2010)
[5] R. Waser, M. Aono/*Nature Materials*, vol. 6, p. 833 – 840 (2007)

- Образование проводящих филаментов
- Изменение степени окисления
- Электрохимическая металлизация
- **Барьерный тип переключения**
Экранирование барьера Шоттки



Руководитель: к.х.н., м.н.с. Петухов Дмитрий Игоревич,
http://istina.msu.ru/profile/Dmitrii_Petukhov/

Создание мемристоров на основе анодного оксида титана

Морозова П.А.

Руководитель: к.х.н., м.н.с. Петухов Д.И.

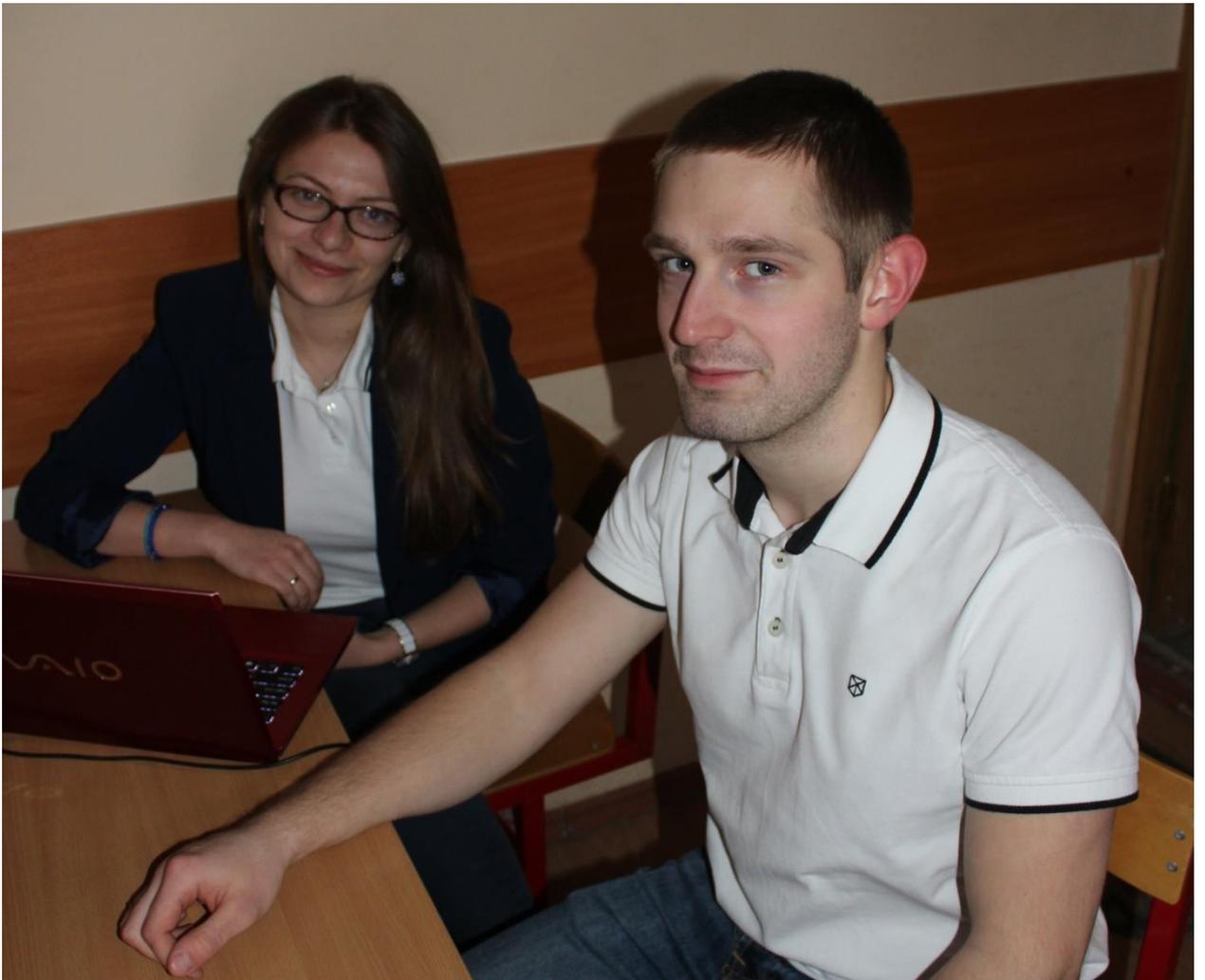
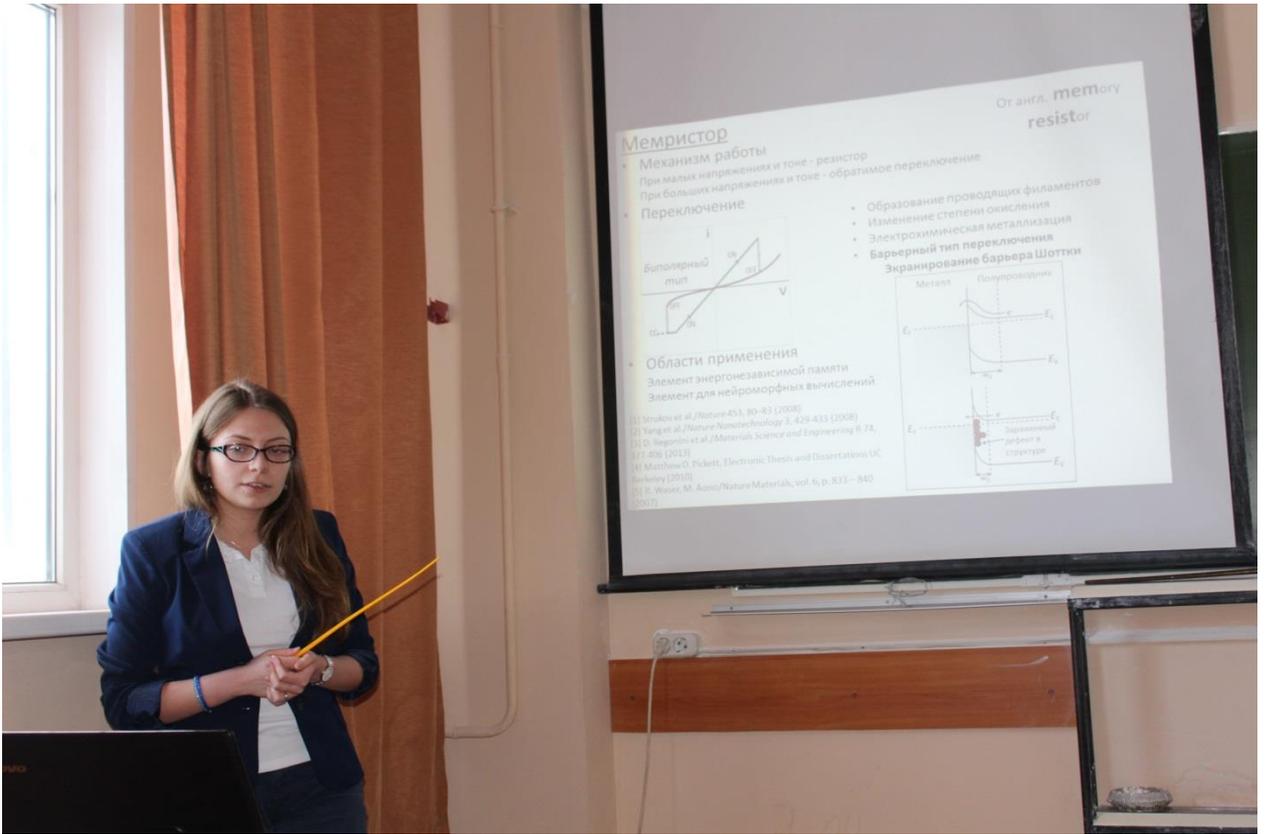
В настоящее время быстро развиваются альтернативные магнитной записи способы хранения информации, например, мемристивные устройства, принцип работы которых основан на переключении между высоко- и низкорезистивным состояниями, соответствующими цифровой логике «0» и «1». Они имеют высокую плотность и долгосрочность записи, и на сегодняшний день несколько компаний-производителей электроники планируют выпуск элементов памяти на основе мемристоров. Они имеют структуру металл-полупроводник-металл, где полупроводниковый слой может быть нестехиометричным кислородным соединением, в котором под действием протекающего тока происходит транспорт дефектов. Для реализации работы микроустройства используют кросс-бар (cross-bar) подключение, где металлические контакты располагаются крест-накрест, а оксидный слой помещен между ними. Образующийся из-за формирования области пространственного заряда со стороны полупроводника барьер Шоттки экранируется за счет диффузии и концентрирования кислородных вакансий в области контакта металл-оксид, и происходит переключение. Аморфный оксид титана является полупроводником n-типа с сильной нестехиометрией по кислороду, в котором реализуется высокая подвижность кислородных вакансий, что обуславливает его применение в качестве основы для создания мемристоров. В связи с этим цель данной работы - создание высокоэффективных мемристоров на основе анодного оксида титана.

Оксид титана получен анодированием Ti подложки с чистотой 99,6% в электролитах различного состава. Затем на поверхность оксида титана наносились металлические контакты (Au) методом магнетронного напыления. Вольт-амперные характеристики измерялись методом циклической вольтамперометрии в диапазоне напряжений $\pm(0.8-2)$ В с различными скоростями развертки и предельном токе 2,1 А. Так же изучалась хроноамперометрическая зависимость при приложении напряжений переключений $U_{SET}=0.8$ В и $U_{RESET}=-0.6$ В и напряжения чтения $U_{READ}=0.2$ В.

Был получен мемристор на основе оксида титана барьерного типа с высокой воспроизводимостью переключений в $0.16M Na_2B_4O_7$ при потенциостатическом анодировании при 60В. Все переключения носили биполярный тип. Соотношение сопротивлений $R_{off}/R_{on}=34$, потенциал переключения 1.5В, определена зависимость толщины барьерного слоя оксида от плотности тока. Так же была изучена возможность получения мемристивных устройств на основе пористого анодного оксида титана с использованием электролита на основе этиленгликоля, NH_4F и H_2O . Был получен образец с потенциалами переключения -0.6В и 0.8В. При разных скоростях развертки циклической вольтамперограммы 1,10,50мВ/сек были получены различные соотношения $R_{off}/R_{on} = 131, 7.5, 10.1$, соответственно. Кроме того, при увеличении продолжительности воздействия напряжения переключения наблюдается увеличение стабильности значений тока. Данные эффекты могут быть объяснены диффузионными затруднениями при переносе заряженных дефектов. Так же было показано, что при приложении потенциала более низкого, чем потенциал переключения, изменения резистивного состояния не происходит.

С помощью различных методик были получены образцы, демонстрирующие биполярные высоковоспроизводимые переключения при потенциалах -0.6;0.8В и -1.5;1.5В на основе барьерного и пористого анодного оксида. Увеличение продолжительности воздействия напряжения переключения приводит к увеличению стабильности значений тока, что может быть связано со скоростью переноса заряженных дефектов.

Публикации студентки: http://istina.msu.ru/profile/Polina_A.Melnikova/



20-11

Манойлов Алексей Игоревич



Московский Государственный Университет имени
Ломоносова
Химический Факультет
Лаборатория неорганической кристаллохимии

**Катодные материалы для металл-ионных
аккумуляторов на
основе фторидофосфатов A_2MPO_4F**

Выполнил : Манойлов Алексей Игоревич

Научные руководители:
к.х.н., в.н.с. Хасанова Н.Р.
асп 4 г.о. Федотов С.С.

20.01.2017

1

Литий ионные аккумуляторы

Сфера применения ЛИА

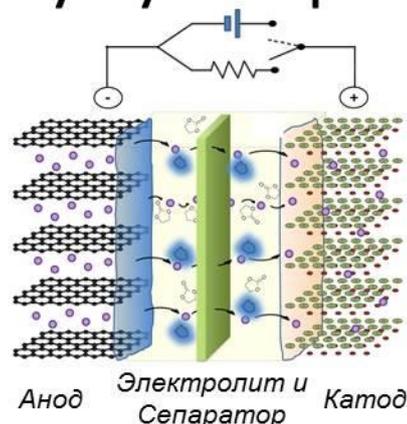
- Портативные устройства
- Источники автономного питания
- Электромобили
- Системы рекуперации энергии

Достоинства ЛИА

Высокая удельная энергоёмкость!

LiCoO_2 – 550 Вт·ч/кг

LiFePO_4 – 535 Вт·ч/кг



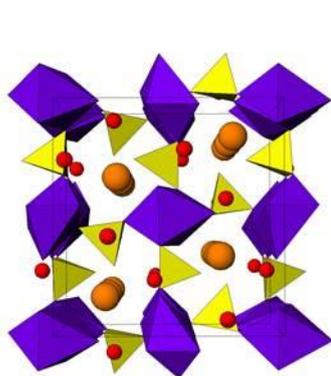
Постоянно растущие области применения ЛИА требуют более высоких показателей удельной энергоёмкости и мощности

Возможность увеличения удельной энергоёмкости за счёт применения новых материалов

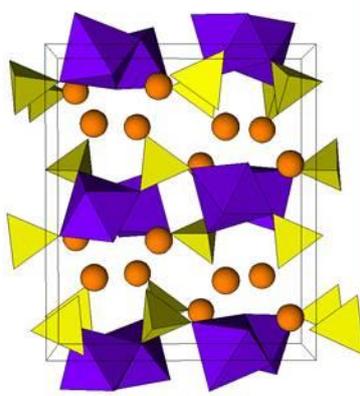
2

Фторидофосфаты $\text{A}_2\text{MPO}_4\text{F}$ (A = Li, Na; M = Mn, Co)

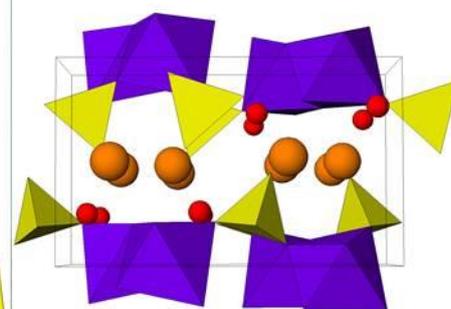
- + Высокие показатели теоретической энергоёмкости (более 700 Вт·ч/кг)
- + Однофазный механизм интеркаляции
- + Разнообразие структурных типов
- **Высокий рабочий потенциал (~5 В)**



$\text{LiNaCoPO}_4\text{F}$ 3D



$\text{Na}_2\text{CoPO}_4\text{F}$ 2D



$\text{LiNaCoPO}_4\text{F}$ 2D

3



Руководитель: к.х.н. в.н.с. Хасанова Нелли Ракиповна, <http://istina.msu.ru/profile/NKH/>



Катодные материалы для металл-ионных аккумуляторов на основе фторидофосфатов A_2MPO_4F

Манойлов А.И.

Руководители: к.х.н., в.н.с. Хасанова Н.Р., асп. 4 г.о. Федотов С.С.

В настоящее время литий-ионные аккумуляторы широко используются благодаря своим высоким показателям удельной энергоёмкости и способности к многократному перезаряду. Однако новые области применения ЛИА (электротранспорт, сетевые накопители и др.) требуют использования батарей с высокими показателями удельной энергоёмкости и мощности. Материалы на основе фторидофосфатов $(Li,Na)_2MPO_4F$ ($M = Ni, Co$) активно исследуются как перспективные катодные материалы, обладающие большой теоретической ёмкостью (>200 мАч/г) при извлечении более одного иона Li^+ на одну формульную единицу.

Целью данной работы стал синтез и комплексное исследование катодных материалов на основе фторидофосфатов A_2MPO_4F ($A = Li, Na$). Для достижения данной цели необходимо было отработать методики синтеза чистых $LiNaCoPO_4F$ и Li_2CoPO_4F , изучить кристаллическую структуру полученных соединений, изучить возможность варьирования рабочего потенциала исследуемых материалов (исследование твёрдых растворов $LiNaCo_{1-x}Mn_xPO_4F$), изучить их электрохимические свойства.

Образцы $LiNaCo_{1-x}Mn_xPO_4F$ ($x = 0 - 0.33$) получены путем двухстадийного керамического синтеза с привлечением метода сублимационной сушки. Фосфаты $LiCo_{1-x}Mn_xPO_4$ ($x = 0 - 0.4$), синтезированные на первой стадии, смешивали с эквимоллярным количеством NaF и отжигали с последующей закалкой, что приводило к образованию целевых фаз. Для образцов состава $LiNaCo_{1-x}Mn_xPO_4F$ ($x = 0 - 0.33$) установлено образование двух различных структурных типов в зависимости от условий отжига: низкотемпературной фазы со слоистой структурой и высокотемпературной с каркасной структурой. Низкотемпературная модификация $LiNaCoPO_4F$ обладает пространственной группой $P2_1/c$ с параметрами элементарной ячейки $a = 6.8387(6) \text{ \AA}$, $b = 11.2339(11) \text{ \AA}$, $c = 5.0764(5) \text{ \AA}$, $\beta = 90.357(6)$. Высокотемпературная модификация кристаллизуется в пространственной группе $Pnma$ с параметрами элементарной ячейки $a = 10.9269(15) \text{ \AA}$, $b = 6.3187(14) \text{ \AA}$, $c = 11.3688(24) \text{ \AA}$. Следует отметить, что соединение $LiNaCoPO_4F$ со слоистой структурой было получено и охарактеризовано впервые. Было показано, что с увеличением доли марганца в твёрдых растворах параметры элементарной ячейки закономерно увеличиваются.

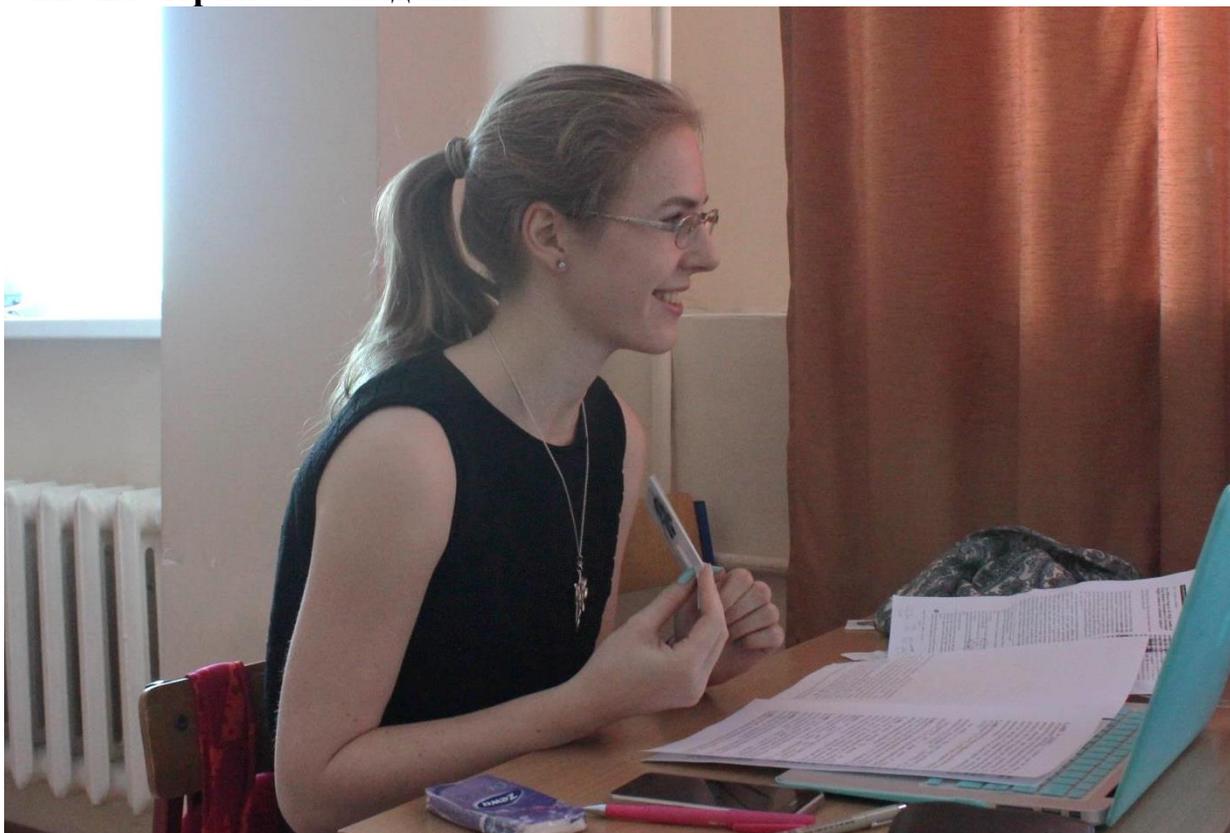
Для обеих модификаций $LiNaCoPO_4F$ было проведено уточнение кристаллической структуры методом Ритвельда. Согласно результатам уточнения в кристаллической структуре обеих модификаций присутствуют протяженные каналы, пригодные для диффузии ионов щелочных металлов. Было показано, что обе модификации проявляют способность к обратимому циклированию при высоких потенциалах (до 5.2 В отн. Li/Li^+) демонстрируя разрядную ёмкость 45% от теоретической для слоистой фазы и 30% от теоретической для каркасной.

Были найдены оптимальные условия сольвотермального синтеза фторидофосфата Li_2CoPO_4F . Установлено, что использование пропиленгликоля в качестве растворителя и гидроксида кобальта $Co(OH)_2$ как исходного реагента по кобальту, а также присутствие в реакционной смеси хлорид аниона являются важными факторами, приводящими к получению чистой фазы.

Публикации студента <http://istina.msu.ru/profile/Manoilov/>

21-1

Синенко Ирина Леонидовна



Кафедра радиохимии

Химический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова

Лаборатория радиофармацевтической химии

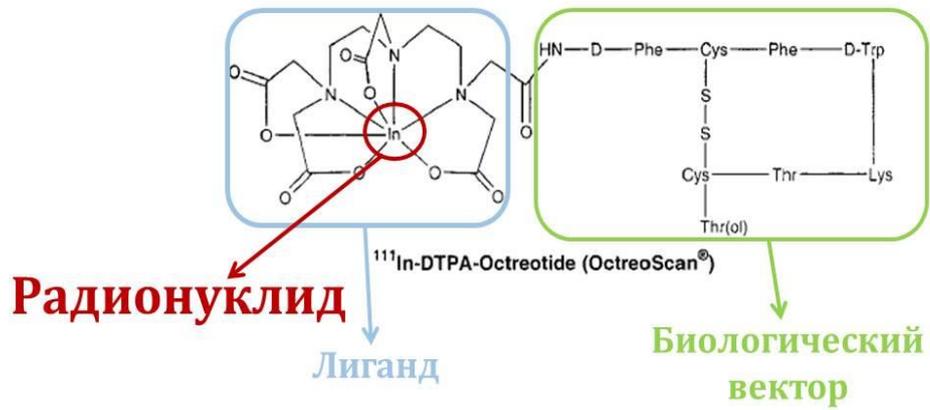
Выделение $^{225}\text{Ac}/^{213}\text{Bi}$ и комплексообразование Bi^{3+} аминокарбоксилатными лигандами

Синенко Ирина Леонидовна

Руководители: асп. Остапенко В.С., член-корр. РАН Калмыков С.Н.

21 января 2017г

Структура радиофармпрепарата



Представитель от лаборатории: к.х.н. Егорова Байирта Владимировна,
<http://istina.msu.ru/profile/Bayirta/>

Выделение $^{225}\text{Ac}/^{213}\text{Bi}$ и комплексообразование Bi^{3+} аминокарбоксилатными лигандами

Синенко И.Л.

Руководители: асп. Остапенко В.С., член-корр. РАН Калмыков С.Н.

Радиоиммунотерапия представляет собой передовую и стремительно развивающуюся отрасль медицины и применяется для лечения различных форм рака, нейроэндокринных опухолей и некоторых иммунных заболеваний. В данном методе используются альфа- и бета-излучатели. На сегодняшний день одним из перспективных альфа-эмиттеров является ^{213}Bi (за счет небольшого периода полураспада (45,6 мин), высокой средней энергии альфа-частиц (8,35 МэВ) и высокой стабильности комплексов с бифункциональными лигандами). Этот радионуклид можно получить генераторным методом из ^{225}Ac , который в свою очередь можно наработать при облучении природного тория протонами средних энергий, однако оставалась нерешённой задача отделения конечного продукта от примесей.

Целью данной работы является выделение $^{225}\text{Ac(III)}$ из его смеси с трудноотделимыми примесями $^{140}\text{La(III)}$ и $^{141,144}\text{Ce(III)}$, получение прототипа генератора $^{225}\text{Ac}/^{213}\text{Bi}$ и связывание катионов Bi^{3+} аминокарбоксилатными лигандами.

Для разделения актиния и редкоземельных элементов (РЗЭ) был предложен метод экстракционной хроматографии. Однако данные, описывающие поведение актиния и РЗЭ в широком диапазоне концентраций минеральных кислот, ограничены либо вообще отсутствуют. Впервые были получены значения коэффициентов удерживания Ac(III) , La(III) и Ce(III) в статических условиях для ЭХС на основе N,N,N',N'-тетра-н-октилдигликольамида (DGA Resin), Д-2-ЭГФК (LN Resin), октилфенил-N,N-диизобутилкарбамоилфосфин оксида в ТБФ (TRU Resin) при сорбции из азотнокислых и солянокислых растворов (рисунок 1).

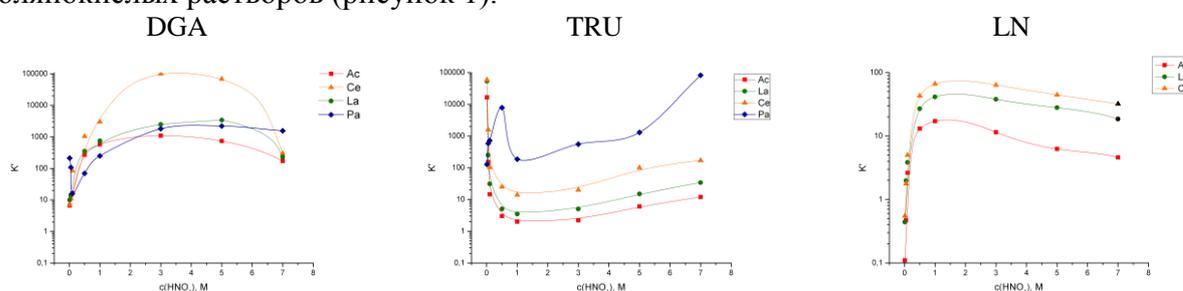


Рис. 1. Коэффициенты удерживания радионуклидов на сорбентах DGA, TRU, LN Resin

Полученные коэффициенты удерживания показали, что разделение ^{225}Ac , ^{140}La и $^{141,143}\text{Ce}$ на TRU Resin возможно в диапазоне 2–3 М HNO_3 . Данные были подтверждены в динамических условиях в 3 М HNO_3 . Выход актиния составил более 95%.

Было показано, что LN Resin может быть использован как для предварительного концентрирования (0,01–0,05 М HNO_3), так и для разделения Ac и РЗЭ (0,1–0,5 М HNO_3). Элюирование ^{225}Ac , ^{140}La и $^{141,143}\text{Ce}$ на LN Resin в 0,1 М HNO_3 позволило выделить ^{225}Ac с выходом 95 %.

Полученные результаты легли в основу разработки процедуры выделения ^{225}Ac высокой чистоты из облученного протонами средних энергий природного тория. Выделенный ^{225}Ac будет использован для изготовления прототипа генератора $^{225}\text{Ac}/^{213}\text{Bi}$, с помощью которого можно непрерывно получать необходимый нам висмут.

Дальнейшее применение ^{213}Bi возможно при наличии соответствующих лигандов, обеспечивающих быстрое и количественное связывание катиона при комнатной температуре. Известные на сегодня хелаторы требуют либо повышенных температур,

либо продолжительного времени комплексообразования, или характеризуются высокой скоростью диссоциации в условиях *in vivo*. В связи с чем на следующем этапе работы в рамках поиска более эффективных лигандов нами было исследовано 2 полиаминополикарбоксилатных лиганда: макроциклический на основе азакраун-эфира (L1) и ациклический (L2) (рис. 1, 2). В первую очередь были рассчитаны константы протонирования лигандов и константы устойчивости комплексов с Bi^{3+} . Рассчитанные константы протонирования и график распределения протонированных и непротонированной форм лигандов в растворе в зависимости от pH представлены на рисунках 4-7.

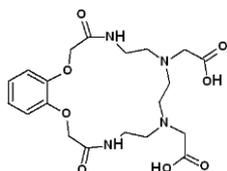


Рис. 2. Лиганд L1

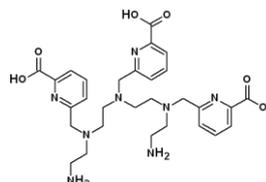


Рис. 3. Лиганд L2

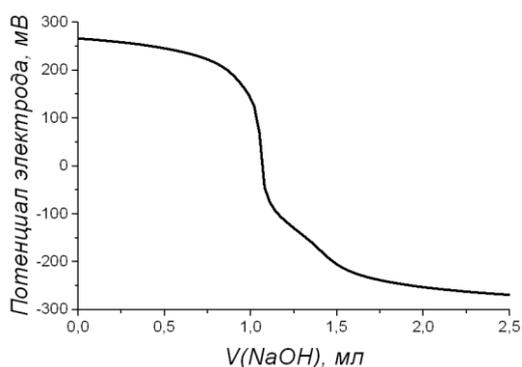


Рис. 4. Кривая титрования лиганда 1 ($c=1 \cdot 10^{-3} \text{ M}$) в воде в присутствии HClO_4 ($4 \cdot 10^{-3} \text{ M}$), $\mu=0,1 \text{ M NaClO}_4$ при $25 \pm 0,1^\circ\text{C}$ раствором NaOH

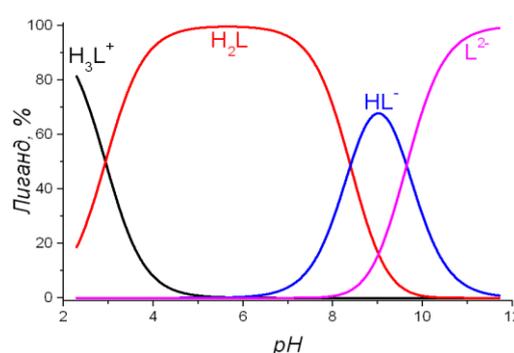


Рис. 5. Распределение протонированных и непротонированной форм лиганда 1 ($c=1 \cdot 10^{-3} \text{ M}$) в растворе в зависимости от pH

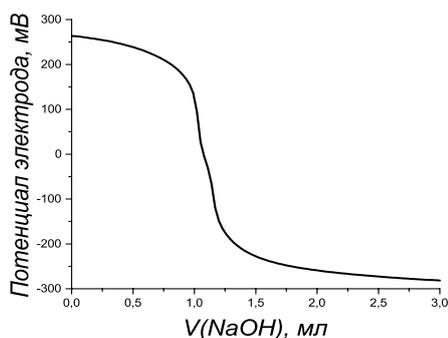


Рис. 6. Кривая титрования лиганда 2 ($c=1 \cdot 10^{-3} \text{ M}$) в воде в присутствии HClO_4 ($4 \cdot 10^{-3} \text{ M}$), $\mu=0,1 \text{ M NaClO}_4$ при $25 \pm 0,1^\circ\text{C}$ раствором NaOH

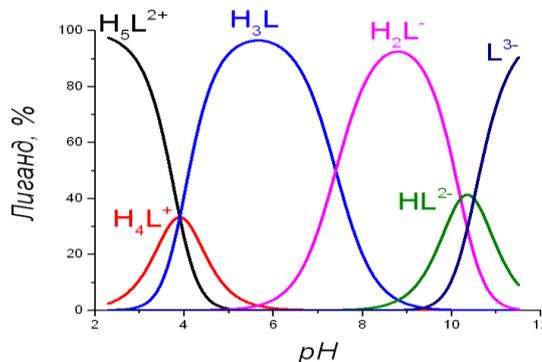


Рис. 7. Распределение протонированных и непротонированной форм лиганда 2 ($c=1 \cdot 10^{-3} \text{ M}$) в растворе в зависимости от pH

Таблица 1. Константы протонирования лиганда L1 и L2 в воде ($\mu=0,1 \text{ M}$) при 25°C

	$\lg K_1$	$\lg K_2$	$\lg K_3$	$\lg K_4$	$\lg K_5$
L1	$9,64 \pm 0,05$	$18,03 \pm 0,07$	$20,97 \pm 0,08$		
L2	$10,50 \pm 0,05$	$20,70 \pm 0,08$	$27,90 \pm 0,10$	$32,00 \pm 0,12$	$35,80 \pm 0,14$

Комплексообразование катионов Bi^{3+} с лигандом L2 было исследовано в диапазоне pH 3-7, изменение концентрации Bi^{3+} контролировали методом гамма-спектрометрии ^{207}Bi .

Для рН 35 проводилась жидкостная экстракция растворов Bi^{3+} в присутствии L2 различной концентрации с раствором 0,01М Д2ЭГФК в н-гексане. Для рН 67 были проведены эксперименты по осаждению несвязанного в комплекс катиона. Для этого растворы заданной концентрации были термостатированы в течение суток, отделены от осадка и измерены методом гамма-спектрометрии (рис. 3).

Из полученных данных следует, что: лиганд L2 образует комплексы с Bi^{3+} стехиометрии 1:1, рассчитанные значения констант комплексообразования для BiL_2 не изменяются в исследованном диапазоне рН (в пределах погрешности) и равны $\lg K = 26,15 \pm 0,9$, что коррелирует с константами комплексообразования схожих лигандов с трёхзарядными катионами, описанными в литературе. Кроме того, была показана устойчивость комплексов BiL_2 в условиях *in vitro* (физиологический раствор и сыворотка крови) в течение трех часов.

На данный момент осталось выполнить следующие задачи: получить генератор $^{225}\text{Ac}/^{213}\text{Bi}$ (март 2017), исследовать комплексообразование катионов висмута с макроциклическим лигандом L1, изучить устойчивость комплексов в средах биологического значения: физиологическом растворе и сыворотке крови.

Публикации студентки: <http://istina.msu.ru/profile/IrinaSL/>



21-2

Воронин Олег Сергеевич



Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова
Факультет наук о материалах

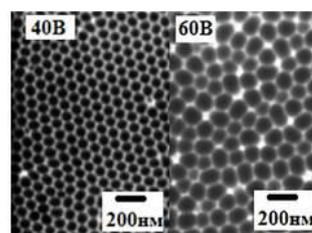
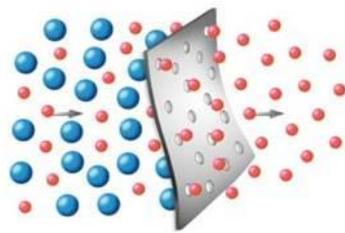
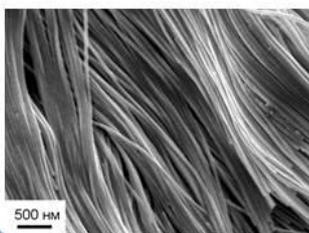
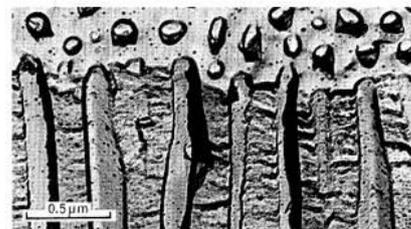
Фотонные гетероструктуры на основе анодного оксида алюминия

О.С. Воронин

Научный руководитель: к.х.н., в.н.с. К.С. Напольский

История изучения анодного оксида алюминия

- Первые патенты – 1917
- 1979 – O'Sullivan J.P. et al. The Morphology and Mechanism of Formation of Porous Anodic Films on Aluminium // Proceedings of the Royal Society of London, 1970, V.317, N.1531, P.511-543. – изучение морфологии пленок анодного оксида алюминия, полученного в кислых электролитах, и механизмов образования пор.
- 1995 – Masuda H., Fukuda K. Ordered metal nanohole arrays made by a 2-step replication of honeycomb structures of anodic alumina // Science, 1995, V.268, N.5216, P.1466-1468. – получение упорядоченной гексагональной структуры пор анодного оксида алюминия.



Руководитель: к.х.н. Напольский Кирилл Сергеевич, <http://istina.msu.ru/profile/NapolskiiKS/>

Фотонные гетероструктуры на основе анодного оксида алюминия

Воронин О.С.

Руководитель: к.х.н., в.н.с. Напольский К.С.

Пористые пленки анодного оксида алюминия (АОА) – яркий пример наноструктурированных материалов, широко использующихся в различных областях науки и техники. В частности, создание фотонных кристаллов на основе анодного оксида алюминия перспективно в связи с возможностью воспроизводимого получения светоотражающих покрытий без применения дорогостоящих методик. Стоит отметить, что оптическими свойствами фотонных кристаллов, в частности положением фотонной запрещенной зоны, удается легко управлять с помощью варьирования условий электрохимической обработки.

Целью данной работы является разработка метода формирования гетероструктур на основе фотонных кристаллов АОА с ярко выраженной фотонной запрещенной зоной в видимой области спектра, а также изучение их оптических свойств.

На предварительной стадии подложки высокочистого алюминия (99,99 %, толщина 100 мкм) подвергали электрохимической полировке. Фотонные кристаллы были получены методом анодного окисления алюминия, периодически изменяя плотность тока. В качестве электролита использовали водный 1 М раствор H_2SO_4 . Кроме фотонных кристаллов с постоянным периодом структуры были получены гетероструктуры, состоящие из периодически повторяющихся блоков, каждый из которых содержит отражающие слои различной толщины. Каждый блок – это тонкий индивидуальный фотонный кристалл, который характеризуется собственным положением фотонной запрещенной зоны.

На спектрах зеркального отражения от гетероструктур из анодного оксида алюминия, присутствует более двух полос отражения (рис. 1). Это значит, что синтезированные образцы не являются просто «механической смесью» двух фотонных кристаллов с постоянными периодами структуры. Экспериментально показано, что количество и положение полос в спектре отражения зависит не только от толщины слоев оксидной пленки, формирующих различные блоки, но и от количества слоев в блоке и последовательности их чередования.

Для того чтобы выявить связь между строением модулированного фотонного кристалла и его оптическими свойствами было проведено моделирование дифракционных картин от гетероструктур. Показано точное совпадение полученных при помощи быстрого преобразования Фурье (FFT) теоретических спектров с экспериментальными. Данный факт подтверждает возможность направленного создания гетероструктур на основе пленок анодного оксида алюминия с требуемым оптическим спектром. Анализ спектров на основе уравнения Брэгга-Снелла показал, что все интенсивные максимумы являются результатом дифракции на одной решетке. Рассчитаны порядки дифракции и характерные периоды гетероструктур, которые совпали с суммарной толщиной блоков с различной толщиной слоев.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации (грант МК-7348.2015.8) и РФФИ (грант № 14-08-00838).

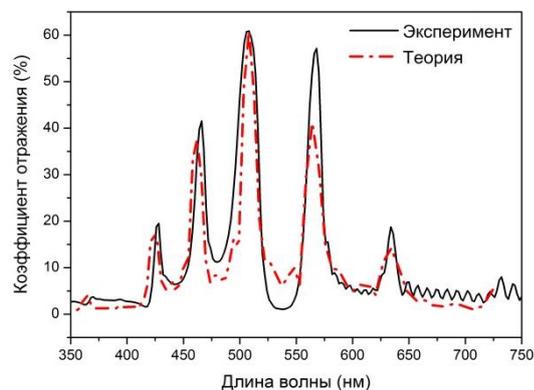


Рис. 1. Спектр зеркального отражения гетероструктуры на основе АОА.

Публикации студента <http://istina.msu.ru/profile/Nutcracker/>

21-3

Руднев Павел Олегович



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук
Лаборатория синтеза функциональных материалов и переработки минерального сырья

**Синтез высокодисперсных сложных оксидов
висмута
с использованием подходов «мягкой химии»**

Руднев Павел Олегович
Студент 4 курса Факультета Наук о Материалах
Московского Государственного Университета им. М. В. Ломоносова

Научные руководители:

к.х.н., зав.лаб. Баранчиков Александр Евгеньевич, м.н.с, аспирант 4 г/о Гайтко Ольга Максимовна

Сложные оксиды висмута BiFeO_3 , $\text{Bi}_2\text{M}_4\text{O}_9$ ($\text{M}=\text{Al}, \text{Fe}, \text{Ga}$), $\text{Bi}_{1,8}\text{Fe}_{1,2}\text{SbO}_7$ обладают широким спектром функциональных свойств.

Методы синтеза двойных оксидов: соосаждение с последующим отжигом, золь–гель, метод Печини, синтез в гидротермальных условиях.

Недостатки:

- трудность получения однофазных образцов
- образование крупнокристаллических и сильно агломерированных частиц
- загрязнение синтезированных образцов другими реагентами

$\text{Bi}_{1,8}\text{Fe}_{1,2}\text{SbO}_7$ (твердофазный синтез):

- высокие температуры и долгая продолжительность синтеза
- невозможность получения нанокристаллических образцов

В качестве подходящего метода предложен гидротермально-микроволновой синтез.



От руководителей: инж.-иссл., м.н.с. асп. 4 г.о. Гайтко Ольга Максимовна, <http://oxide.ru/?q=users/gaitko>

Синтез высокодисперсных сложных оксидов висмута с использованием подходов «мягкой химии».

Руднев П.О.

Руководители: к.х.н. Баранчиков А.Е., м.н.с, асп. 4 г/о Гайтко О.М.

Сложные оксиды висмута BiFeO_3 , $\text{Bi}_2\text{M}_4\text{O}_9$, где $\text{M}=\text{Fe}$, Ga , Al , а также соединения со структурой типа пирохлора $\text{Bi}_{1,8}\text{Fe}_{1,2}\text{SbO}_7$ обладают широким спектром функциональных свойств. В частности, BiFeO_3 , $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$ и $\text{Bi}_{1,8}\text{Fe}_{1,2}\text{SbO}_7$ проявляет фотокаталитическую активность в видимой области спектра. $\text{Bi}_2\text{Al}_4\text{O}_9$ и $\text{Bi}_2\text{Ga}_4\text{O}_9$ являются сцинтилляционными материалами, характеризующиеся малыми временами высвечивания. Успешное использование этих материалов невозможно без создания технологии их получения в высокодисперсном состоянии. Основные методы синтеза данных соединений (соосаждение с последующим отжигом, золь-гель, синтез в гидротермальных условиях для двойных оксидов и твердофазный синтез для пирохлора) либо приводят к образованию неоднородных и сильнозагрязненных образцов, либо к формированию крупнокристаллических и сильно агломерированных частиц.

Целью работы является разработка методик синтеза высокодисперсных порошков сложных оксидов висмута с использованием подходов «мягкой химии». В качестве оптимального метода нами был выбран гидротермально-микроволновой синтез, обладающий рядом существенных преимуществ: высокой скоростью протекания реакции, возможностью направленного изменения фазового состава, равномерным нагревом всего объема реакционной среды, обеспечивающим фазовую и морфологическую однородность продукта. Для достижения поставленной цели необходимо изучить фазообразование в соответствующих системах и исследовать влияния условий синтеза (исходных реагентов, концентрации минерализатора, температуры и времени синтеза, степени заполнения автоклава и способа подготовки прекурсоров) на фазовый состав и морфологию продуктов реакции.

Были изучены процессы кристаллизации в системе $\text{NaOH}-\text{Bi}(\text{NO}_3)_3-\text{Fe}(\text{NO}_3)_3-\text{H}_2\text{O}$ в гидротермально-микроволновых условиях. Подготовка прекурсоров проводилась двумя способами. При первом способе $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ и $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ суспензировали в растворе NaOH . Второй способ заключался в том, что $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ и $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ предварительно растворяли в HNO_3 , а затем прикапывали полученный раствор к раствору NaOH . Концентрацию NaOH варьировали от 2 до 16М. Полученные смеси подвергали гидротермально-микроволновой обработке при температурах 200 и 230°C в течение 3 часов.

Было установлено, что способ подготовки прекурсоров полностью определяет фазовый состав продукта. Однофазный образец BiFeO_3 был получен с использованием первого способа подготовки прекурсоров. Изменение температуры обработки и степени заполнения автоклава оказало существенное влияние на морфологию полученных ферритов. В зависимости от температуры синтеза и степени заполнения автоклава были получены: сферические частицы с рыхлой поверхностью (230°C, 30%) или прямоугольные параллелепипеды с размером граней 1-3 мкм (200°C, 50%). Однофазный образец $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$ удалось получить при использовании второго способа подготовки прекурсоров. Полученный образец состоял из слабо агрегированных частиц субмикронного размера, имеющих форму практически правильной четырехугольной призмы.

С целью получения пирохлора $\text{Bi}_{1,8}\text{Fe}_{1,2}\text{SbO}_7$ было изучено взаимодействие солянокислых растворов висмута, железа и сурьмы с аммиаком и моноэтаноламином, и определено влияние условий соосаждения на реакционную способность полученных гидроокисей. Методом соосаждения с последующим отжигом синтезированы порошки пирохлора $\text{Bi}_{1,8}\text{Fe}_{1,2}\text{SbO}_7$, размер кристаллитов которого в зависимости от условий синтеза изменялся от 20 до 130 нм. Применение этого метода позволило снизить температуру и

время синтеза (550°C , 1 ч.), по сравнению с методом твердофазной реакции (930°C , более 100 ч.). Недостатком методики стало то, что однофазный пирохлор без примеси BiOCl получается лишь в очень узком диапазоне условий. В связи с этим было решено синтезировать пирохлор $\text{Bi}_{1,8}\text{Fe}_{1,2}\text{SbO}_7$ в гидротермальных условиях при микроволновом воздействии.

По аналогии с синтезом двойных ферритов были использованы два способа подготовки прекурсоров. Пирохлор $\text{Bi}_{1,8}\text{Fe}_{1,2}\text{SbO}_7$ был получен по методике, аналогичной примененной при синтезе $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$. Синтезированные образцы пирохлора представляют собой сферические агломераты 100-200 нм в диаметре, состоящие из хорошо различимых кристаллитов с размером ~ 20 нм. Просвечивающая микроскопия высокого разрешения показала, что кристаллиты имеют одну и ту же ориентацию, указывающую на их направленную агрегацию. Данные SAED также показывают, что сферы, состоящие из отдельных кристаллитов, демонстрируют практически монокристалльную дифрактограмму. Показано, что размеры частиц не зависят от концентрации раствора NaOH , от температуры и времени синтеза. Отсутствие данной зависимости свидетельствует о нерастворимости пирохлора в гидротермально-микроволновых условиях, что объясняет невозможность роста кристаллитов по механизму Оствальдовского созревания. Полученные экспериментальные результаты хорошо объясняются с точки зрения теории кристаллизации по механизму ориентированного сращивания.

Получить $\text{Bi}_2\text{Al}_4\text{O}_9$ и $\text{Bi}_2\text{Ga}_4\text{O}_9$ гидротермально-микроволновым методом по аналогии с ферритами не удалось. Варьирование прекурсоров, состава минерализатора и его концентрации, а также температуры и времени синтеза не привело к формированию целевой фазы. По-видимому, это связано с высоким энергетическим барьером реакции. Однако, гидротермально-микроволновая обработка позволила получить высокореакционные осадки для их дальнейшего использования в качестве прекурсоров для синтеза в расплаве солей. В результате чего удалось получить однофазные галлат и алюминат висмута с субмикронным размером частиц.

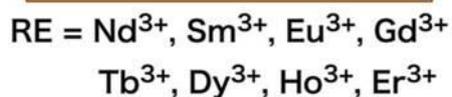
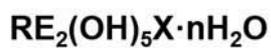
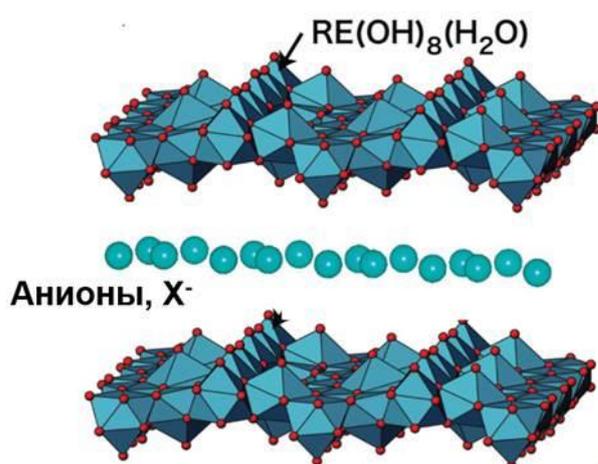
Таким образом, нами разработаны методики синтеза сложных оксидов висмута BiFeO_3 , $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$, $\text{Bi}_2\text{Al}_4\text{O}_9$, $\text{Bi}_2\text{Ga}_4\text{O}_9$ и $\text{Bi}_{1,8}\text{Fe}_{1,2}\text{SbO}_7$. Синтезированы субмикронные порошки BiFeO_3 и $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$, $\text{Bi}_2\text{Al}_4\text{O}_9$, $\text{Bi}_2\text{Ga}_4\text{O}_9$, а также нанокристаллического $\text{Bi}_{1,8}\text{Fe}_{1,2}\text{SbO}_7$. Проведена первичная аттестация их фотокаталитических и сцинтилляционных характеристик.

Публикации студента <http://istina.msu.ru/profile/MrSoldat/>





Слоистые гидроксиды РЗЭ



Специфические свойства лантанидов (оптические, магнитные, каталитические)



Свойства интеркалированных анионов



Сенсорные материалы
Люминесцентные покрытия
Доставка лекарственных средств
Контрастирующие агенты для МРТ,
нейтронозахватной терапии

ИОНХ РАН,
лаборатория синтеза функциональных материалов
и переработки минерального сырья

Слоистые гидроксиды редкоземельных элементов (Y, Eu, Gd, Tb), интеркалированные анионами ароматических карбоксилатов

Выполнила студентка 4 курса ФНМ Трибунская П.А.
Руководители: зав. лаб. к.х.н. Баранчиков А.Е.
и аспирант Япрынцев А.Д.

21.01.17



От руководителей: к.х.н., зав. лаб. Баранчиков Александр Евгеньевич,
http://www.oxide.ru/barantchikov_rus.php/; <http://istina.msu.ru/profile/schwarts/>

Слоистые гидроксиды редкоземельных элементов (Y, Eu, Gd, Tb), интеркалированные анионами ароматических карбоксилатов

Трибунская П.А.

Руководители: зав. лаб.к.х.н. Баранчиков А.Е., асп. Япрынцева А.Д.

Слоистые гидроксосоединения редкоземельных элементов (СГ РЗЭ) — новый класс слоистых анионообменных соединений, которые являются аналогами слоистых двойных гидроксидов (СДГ). Структура этих соединений характеризуется наличием положительно заряженных металл-гидроксидных слоёв, между которыми находятся отрицательно заряженные ионы, которые могут быть заменены на остатки различных органических и неорганических кислот. Значительный интерес к СГ РЗЭ связан с возможностью сочетания специфических свойств лантанидов (магнитных, оптических, каталитических) и интеркалированных в межслоевое пространство лигандов для создания полифункциональных материалов. Так интеркаляция анионов органических кислот в межслоевое пространство СГ РЗЭ (содержащих Tb или Eu) приводит к изменению их люминесцентных характеристик, что позволит использовать такие соединения в качестве биосенсоров. Также рассматривается возможность использования подобных структур в качестве носителей лекарственных средств, контрастирующих агентов для МРТ и т.п. В результате интеркаляции СГ РЗЭ анионами органических кислот может происходить их эксфолиация, по аналогии с СДГ.

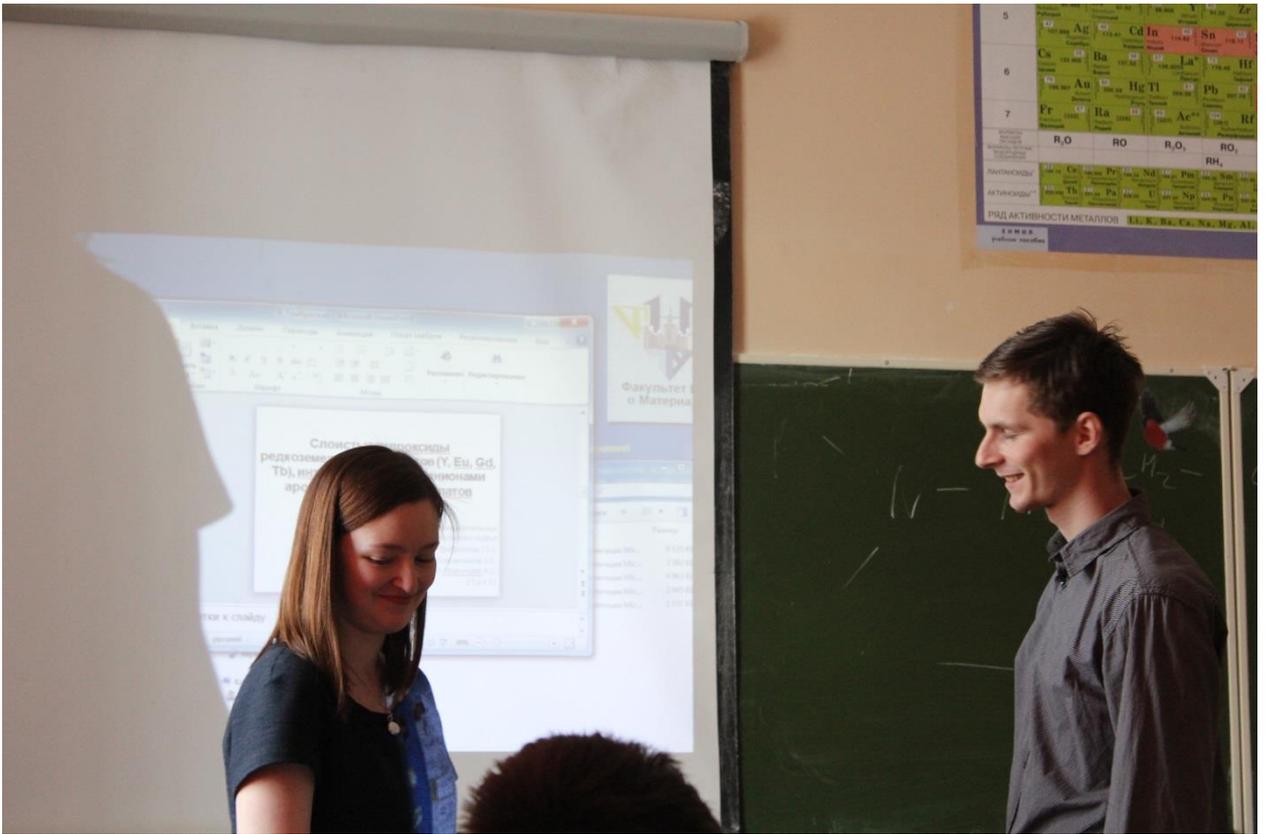
Целью нашей работы стала разработка метода получения слоистых гидроксидов РЗЭ, интеркалированных анионами ароматических карбоксилатов.

Получение гибридных соединений на основе СГ гадолиния и анионов ароматических карбоксилатов проводили двумя способами. Первый заключался в осаждении слоистого гидроксонитрата иттрия щелочными водными растворами карбоксилатов с последующей выдержкой при различных температурах. Также проводили анионообменные реакции между предварительно полученным слоистым гидроксонитратом гадолиния и солями ароматических карбоксилатов. Характеризацию полученных соединений проводили методами рентгенофазового анализа, ИК-спектроскопии, растровой электронной микроскопии, химического анализа и др.

Показано, что зависимость параметров элементарной ячейки твёрдых растворов $(Y_{1-x}Eu_x)_2(OH)_5Cl \cdot nH_2O$ от содержания европия в диапазоне $x = 0 - 0,9$ линейна, что говорит об образовании твёрдых растворов. Установлено, что при ГТМВ условиях между слоистыми гидроксохлоридами иттрия-европия $(Y_{1-x}Eu_x)_2(OH)_5Cl \cdot nH_2O$ и раствором терефталата калия происходит анионный обмен, в результате которого изменяются расстояния между металл-гидроксидными слоями в структуре СГ РЗЭ и меняются люминесцентные характеристики. Условия синтеза и содержание европия в твёрдых растворах практически не влияют на относительную интенсивность полос люминесценции Eu^{3+} . Проведены анионные обмены между $(Gd_{0,9}Eu_{0,1})_2(OH)_5Cl \cdot nH_2O$ и бензоат-, терефталат- и фталат-анионами, которые обладают малой степенью кристалличности, а затем - одностадийный синтез в условиях ГТМВ обработки. Были получены фаза с кислым терфталатом в межслоевом пространстве и фаза с терефталатом.

В дальнейшем планируется получить СГ РЗЭ (Y, Eu, Gd, Tb), интеркалированные следующими ароматическими карбоксилатами: бензоатом, фталатом, терефталатом, анионом тримезиновой и 4-сульфобензойной кислот; исследовать люминесцентные свойства образцов, полученных одностадийным способом, определить точного состава, а также получение дейтерированных СГ РЗЭ и изучение их люминесцентных свойств.

Публикации студентки: <http://istina.msu.ru/profile/TribunskayaPA/>



21-5

Пакленков Владислав Владимирович



Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова
Факультет наук о материалах

Керамические композиты в системе $\text{CaP}_2\text{O}_7\text{-CaNaPO}_4$

Выполнил студент 4 курса
Паклѐнков В.В.
Научный руководитель:
с.н.с., к.х.н. Сафронова Т.В.

январь 2017

Регенеративный подход требует

- разработки резорбируемых биоактивных материалов, которые после имплантации растворяются в организме с образованием нативной костной ткани.

Требования к материалу имплантата:

- **Резорбируемость** – деградация в среде организма
- **Остеоиндукция** – стимуляция роста новой костной ткани
- **Остеопроводимость** – обеспечение прорастания кости в имплантат

Наиболее перспективные соединения:

$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, CaP_2O_7 , CaNaPO_4 , $\text{Ca}_{3-x}\text{Na}(\text{K})_{2x}(\text{PO}_4)_2$, фосфатные стекла



Руководитель: к.т.н., с.н.с. Сафронова Татьяна Викторовна,
<http://istina.msu.ru/profile/safronova/>

Керамические композиты в системе $\text{CaP}_2\text{O}_7\text{-CaNaPO}_4$

Пакленков В.В.

Руководитель: с.н.с., к.т.н. Сафронова Т.В.

На сегодняшний день разработка новых биоматериалов – одно из основных направлений неорганического материаловедения. Среди них особое место занимают материалы на основе фосфатов кальция, которые используются при лечении поврежденной костной ткани из-за схожести их состава. Главное преимущество этих материалов состоит в том, что они обладают высокой биологической совместимостью и, не вызывают аллергических реакций и не токсичны. В настоящее время костные имплантаты изготавливают, в основном, из гидроксиапатита и трикальцийфосфата. Но их применение имеет свои недостатки – слабое стимулирующее воздействие на рост новой костной ткани, низкая скорость биорезорбции, из-за которой имплантат не успевает раствориться и новая костная ткань нарастает на его поверхность, что повышает вероятность повторного перелома. На смену методу простого механического замещения поврежденных тканей приходит регенеративный подход. Он предполагает разработку резорбируемых биоактивных материалов, которые после имплантации растворяются в организме с образованием нативной костной ткани. Пирофосфат кальция является очень перспективным материалом для костных имплантатов и уже применяется в стоматологии. Как показывают исследования, данный фосфат обладает высокой остеокондуктивностью. Но из-за низкой растворимости применение пирофосфата кальция ограничено, поэтому более выгодным будет его совместное применение с соединениями, обладающими более высокой скоростью резорбции. Более высокой скоростью резорбции обладают ренаниты: двойные фосфаты кальция и щелочных металлов (например, натрия и калия). Идеальный материал в отношении таких характеристик как остеокондуктивность, остеоиндуктивность, способность связываться с костной тканью до настоящего времени не создан.

Целью настоящей работы является получение двухфазных композиционных керамического материалов в системе $\text{CaP}_2\text{O}_7\text{-CaNaPO}_4$ и исследование и их возможной применимости в конструкциях тканевой инженерии при замене утраченной или поврежденной костной ткани.

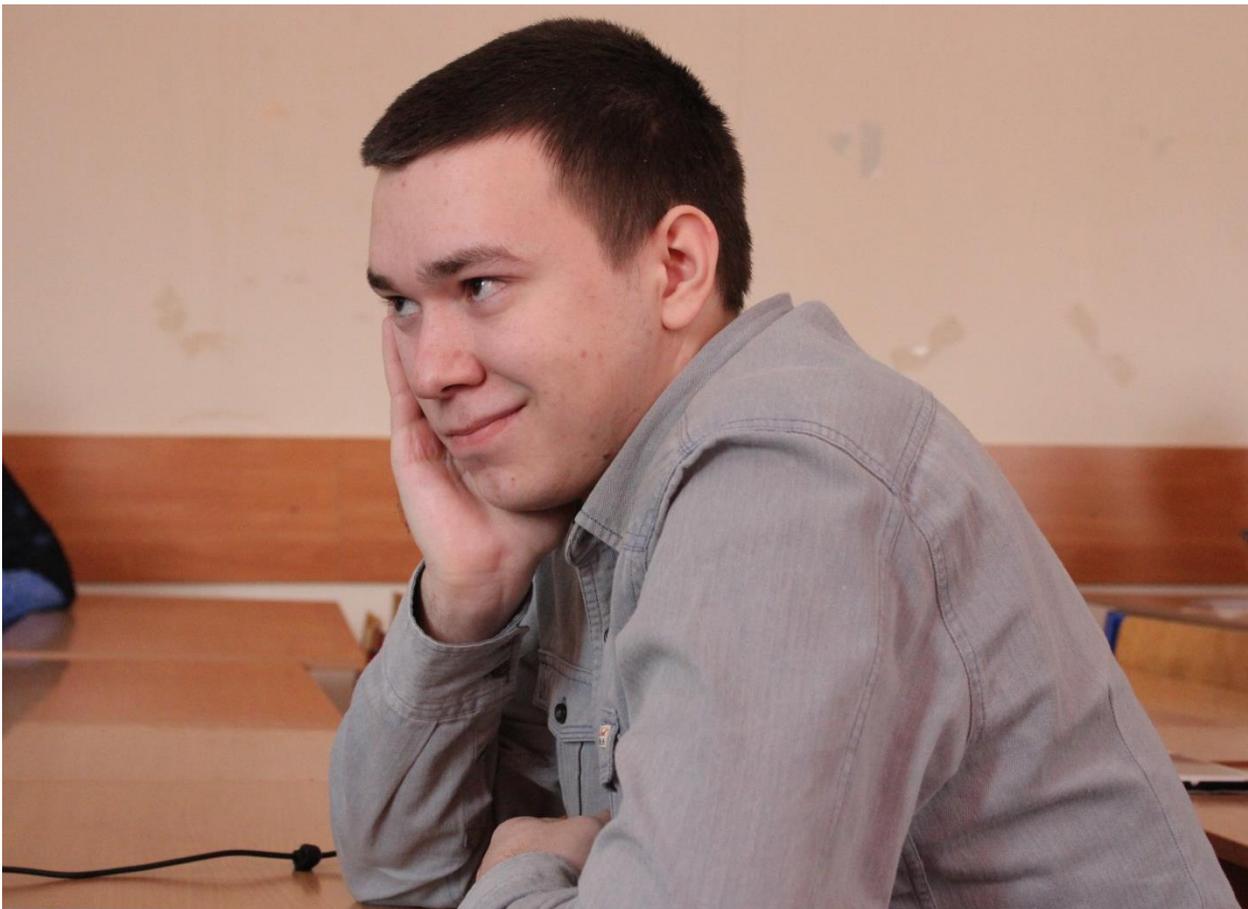
Для достижения поставленной цели был синтезирован порошок брушита, из 1М растворов нитрата кальция и гидрофосфата аммония. В дальнейшем полученный дигидрофосфат кальция с использованием планетарной мельницы был смешан с карбонатом натрия для получения композитов заданного состава $(x\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7\text{-(1-x)CaNaPO}_4$, $x=0, 0.25, 0.5, 0.75, 1$). Полученные смеси были спресованы в таблетки и отожжены в течение 2х часов при температуре в интервале 800-1100°C. Для описания свойств полученных порошковых и компактных материалов планируется использовать следующие методы исследования: рентгенофазовый анализ, электронную микроскопию, рентгеноспектральный микроанализ, термогравиметрию, дифференциальный термический анализ, дилатометрию, ИК-спектроскопию, ионометрию растворов.

На данном этапе работы получены и исследованы методами термогравиметрического и дифференциального термического анализа смеси порошков брушита ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и карбоната натрия. После обжига при температуре в интервале 800-1100°C были получены образцы композитов $x\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7\text{-(1-x)CaNaPO}_4$ ($x=0, 0.25, 0.5, 0.75, 1$) были получены двухфазные образцы, состоящие из пирофосфата кальция и ренанита.

Публикации студента: <http://istina.msu.ru/profile/paklenkovvlad/>

21-6

Исмагилов Камиль Ильшатovich



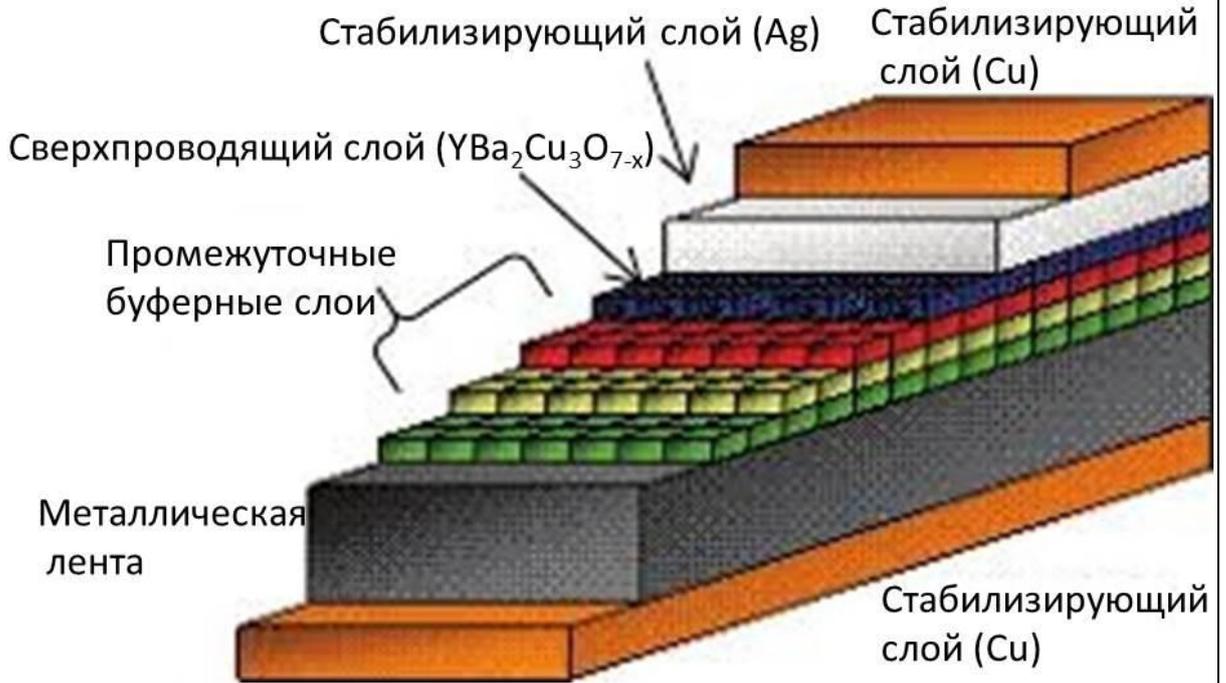
**МОСVD ВТСР-слоев с
искусственными центрами
пиннинга для сверхпроводящих
материалов второго поколения.**

Исмагилов Камиль Ильшатovich МГУ ФНМ
Руководители: д.х.н., проф. Кауль А.Р., инж. Чепиков В.Н.

Лаборатория химии координационных соединений

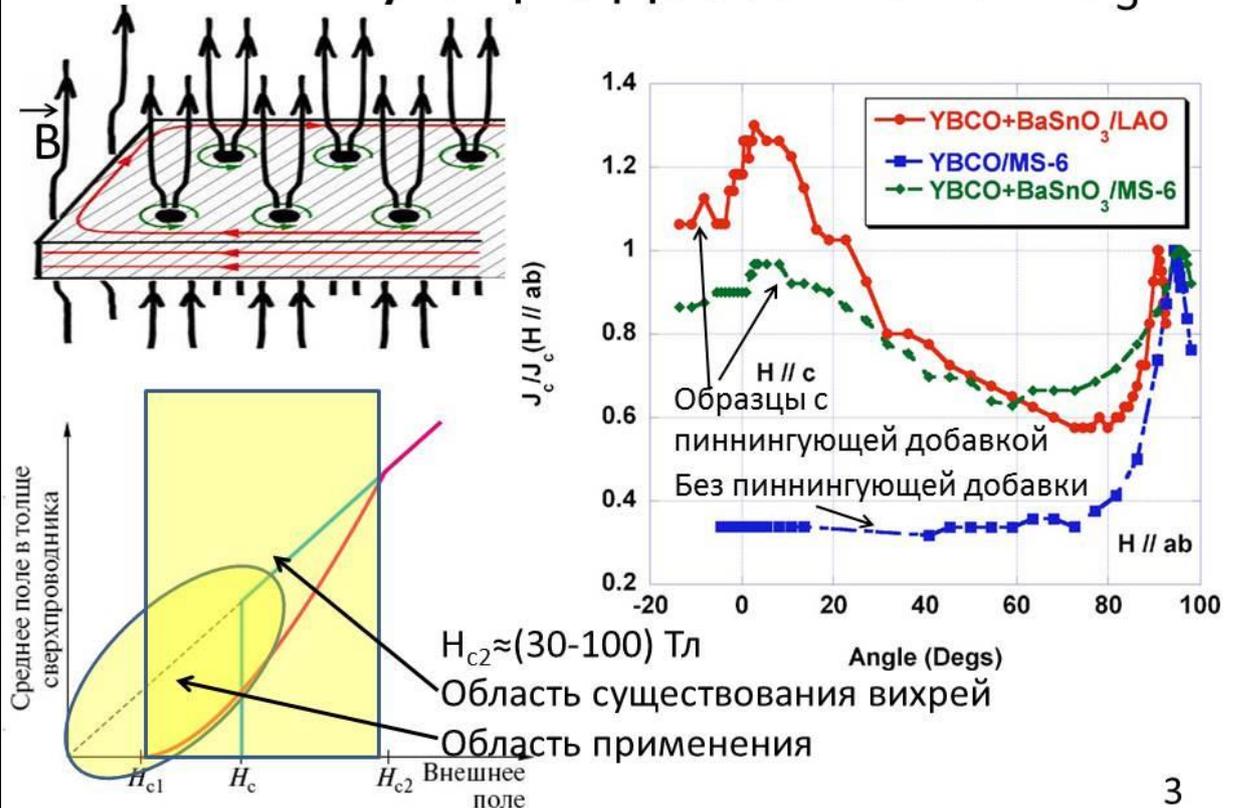
Москва 2016

ВТСП ленты второго поколения



2

Пиннирующие добавки: BaZrO_3



3



От руководителей: асп. Чепиков Всеволод Николаевич, <http://istina.msu.ru/profile/sev1990/>



МОСVD ВТСП-слоев с искусственными центрами пиннинга для сверхпроводящих материалов второго поколения.

Исмагилов К.И.

Руководители: д.х.н., проф. Кауль А.Р., инж. Чепиков В.Н.

Соединение $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ является одним из наиболее широко используемых высокотемпературных сверхпроводящих материалов. Получение и подготовка сверхпроводящего материала зависит от области его применения. Одной из важнейших областей является перенос электрической энергии, что требует получения сверхпроводящего материала в виде лент или проводов. Получение $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ на протяженных лентах химическим газофазным осаждением из металлорганических прекурсоров исследуется в Лаборатории Химии Координационных Соединений. Использование сверхпроводящих лент часто происходит в присутствии магнитного поля, при этом могут возникать вихри Абрикосова, из-за движения которых в сверхпроводнике возникает сопротивление. При добавлении непроводящей добавки можно добиться закрепления этих вихрей (обеспечить их пиннинг) на этих добавках непроводящей фазы, поэтому отдельный интерес вызывает влияние пиннирующих добавок на свойства образцов в магнитном поле.

Целью данной работы является оптимизация получения ВТСП слоев $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ в присутствии пиннирующих добавок $BaZrO_3$. Основными параметрами для определения качества полученных лент являются критический ток (ток, который материал способен проводить без сопротивления), в том числе критический ток во внешнем магнитном поле. Известно, что для слоев $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ в присутствии пиннирующих добавок оптимальная скорость роста и подачи прекурсора отличается от оптимальной скорости для пленок без добавок. Необходимо провести исследование и сравнение образцов с различным содержанием добавок $BaZrO_3$ при различной скорости роста пленок.

Для получения тонких пленок $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ на металлических лентах мы используем в качестве подложки ленту, верхним слоем которой является текстурированная пленка $LaMnO_3$. Такая поверхность позволяет эпитаксиально передать текстуру от пленки $LaMnO_3$ к растущему на ней $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ в «с»-ориентации. Осаждения проводятся из металлорганических соединений методом возгонки прекурсоров при нагревании и низком давлении и осаждения с термическим разложением в МОСVD (metal organic chemical vapor deposition) установке. В качестве прекурсоров использовались β -дикетонаты соответствующих металлов: $Y(thd)_3$, $Cu(thd)_2$, $Ba(thd)_2 \cdot tetr$, $Zr(thd)_4$, где «-thd»: $(CH_3)_3C-CO-CH-CO-C(CH_3)_3$, а «tetr»: $CH_3O(C_2H_4O)_4CH_3$. Прекурсоры в виде таблетки стачиваются в испаритель, возгоняются без разложения при температурах до $360^\circ C$ при давлении 3.5 мбар, переносятся потоками газов Ar и O_2 в зону реакции, где разлагаются до оксидов на разогретой пластине до $\approx 1000^\circ C$ ленте. Осаждение сверхпроводящего слоя происходит при перематке ленты-подложки, поэтому основные возможности для изменения параметров осадений были: температура пластины, скорость стачивания таблетки прекурсора, скорость перематки ленты, количество слоев.

Некоторые параметры для осаждения на этой установке были исследованы ранее. В качестве эксперимента было проведено осаждение $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ с различной добавкой $BaZrO_3$ 5 образцов 0-20% от массы $YBa_2Cu_3O_{7-x}$, остальные параметры были постоянны: температура разложения $950^\circ C$, 7 слоев со скоростью перематки 4 мм/с и постоянной подачей прекурсора $YBa_2Cu_3O_{7-x}$. Измеряя критический ток, мы установили, что такое содержание $BaZrO_3$ разрушает сверхпроводящие свойства материала не сильно, при переходе от 0 к 20% содержания $BaZrO_3$ теряется около 30% критического тока, в то время как 5 и 10% данной добавки критический ток вообще не понизили.

Для нагревания ленты и пластины использовался металлический плоский меандр, одной из проблем было перегорание меандра: такой меандр был не надежен, он мог произвольно перегореть после любого количества экспериментов от нуля до нескольких. Для борьбы с этим меандр был заменен на спираль из того же сплава, ожидалось что спираль будет более стабильна и будет перегорать значительно реже. Однако при замене нагревательного элемента распределение температур в зоне осаждения сильно поменялось, оно искривилось и стало дугообразным: вход и выход в зону осаждения недогревались, либо центральная часть перегревалась. Такого искривления температурного профиля было достаточно, чтобы получаемые образцы оказывались имеющими низкий критток. Было проведено много опытов по осаждению при варьировании многих параметров, были проведены измерения температурного профиля и попытки выровнять его, однако получить хорошие образцы так и не удалось: критические токи были либо хуже, либо не было совсем. Мы вернулись к старому способу нагрева с помощью плоского меандра.

Так как последний раз осаждения с меандром проводились около 6-ти месяцев назад, было решено повторить некоторые ранее удачные эксперименты. Была проведена серия опытов по нанесению $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ без пиннинга с изменением температуры: 910, 930, 950, 960, 975°C, остальные параметры были постоянны: 3 слоя со скоростью 2 мм/с и постоянной скоростью подачи прекурсора 15 Гц. Для 975 и 960°C критические токи были наибольшими и составляли 225 А.

При 960°C критический ток достигал наивысшего значения, поэтому была проведена серия экспериментов при постоянной температуре 960°C и варьировании скорости подачи прекурсора (Гц), и количества слоев, при постоянной скорости перемотки: 3,8Гц 12 слоев, 7,5Гц 6 слоев, 15Гц 2 слоя, 15Гц 3 слоя, 15Гц 5 слоев. Среди этих образцов отличился образец при 15 Гц 5 слоях: критический тока оказалось ≈ 300 А.

В результате установлено, что наличие пиннигующей добавки не разрушает сверхпроводящие свойства материала, что позволяет предположить их применимость в магнитном поле. Также предварительные эксперименты показали, что сниженная скорость роста допированных образцов положительно сказывается на устойчивости критического тока к магнитному полю. В связи с этим, в наступающем семестре планируется систематическое исследование зависимости структуры и токонесущих свойств образцов с разными концентрациями добавок, полученных при различных скоростях роста.

Публикации студента http://istina.msu.ru/profile/Kamil_Ism/

21-7

Устинова Марина Игоревна



Московский Государственный Университет им. М. В. Ломоносова

**Факультет Наук о Материалах
Лаборатория Химии Координационных Соединений**

Разработка сольвотермального метода получения пленок диоксида ванадия

**Работу выполнила
Устинова Марина Игоревна,
студентка 4 курса**

**Научный руководитель:
д.х.н., проф. Кауль Андрей Рафаилович**

**Москва
21 января 2017 г.**

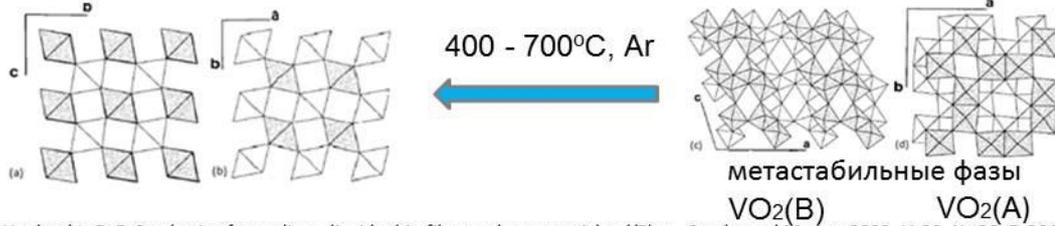
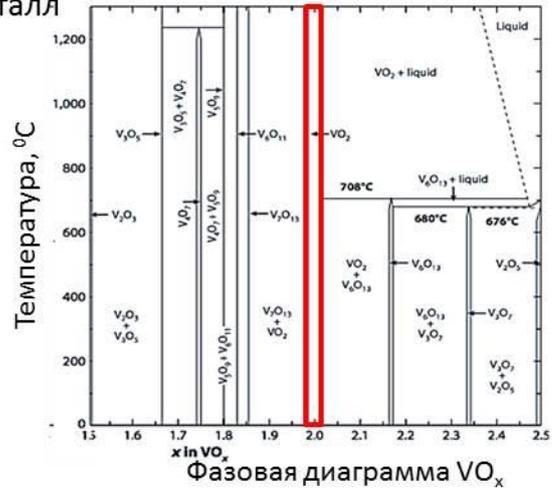
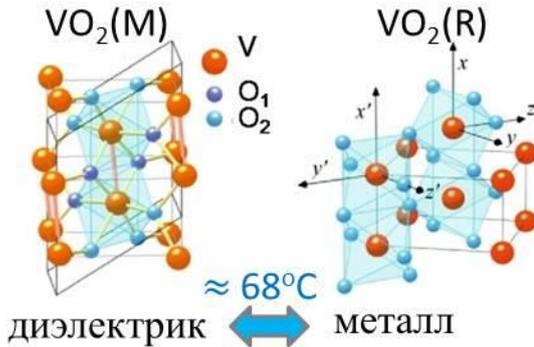
Свойства и структура VO₂

Фазовый переход 1 рода диэлектрик-металл

Температура перехода $\approx 68^\circ\text{C}$

Скачок сопротивления в $\sim 10^5$ раз

Сверхбыстрый переход $t \sim 10^{-12}$ с



Nag J., Haglund Jr R. F. *Synthesis of vanadium dioxide thin films and nanoparticles* //Phys. Condensed Matter. 2008. V. 20, № 26. P. 264016



Руководитель: д.х.н., проф. Кауль Андрей Рафаилович, <http://istina.msu.ru/profile/arkaul/>

Разработка сольвотермального способа получения пленок диоксида ванадия

Устинова М.И.

Руководитель: д.х.н., проф. Кауль А.Р.

Диоксид ванадия (VO_2) обладает рядом интересных особенностей. При температуре 67°C происходит фазовое превращение первого рода с переходом из моноклинной структуры с диэлектрическим типом проводимости в тетрагональную (стр. тип рутила) с металлической проводимостью. Переход диэлектрик-металл (ДМ) происходит практически мгновенно и сопровождается огромным изменением сопротивления. Электронному переходу в VO_2 сопутствует изменение оптической прозрачности в ИК и ТГц диапазонах. Набор этих уникальных качеств делает диоксид ванадия перспективным ключевым компонентом целого ряда миниатюрных устройств – переключателей, термических, оптических сенсоров, устройств памяти.

Для создания электронных устройств VO_2 требуется в виде текстурированных пленок, однако имеющиеся способы получения диоксида ванадия в таком виде имеют недостатки. Наша работа посвящена разработке сольвотермального синтеза для получения пленок VO_2 . Этот метод обладает следующими достоинствами: использование легкодоступных реагентов, низкие температуры проведения реакции и простая схема синтеза. Известно, что при сольвотермальном синтезе диоксид ванадия образуется в виде вискероов или наночастиц. Также есть опыт получения пленок VO_2 в виде слоистой структуры из наносетей, но получение однородных эпитаксиальных пленок остается до сих пор неизученным направлением.

Целью данной работы является разработка сольвотермального метода, а также получение наноструктур и пленок VO_2 с переходом ДМ сольвотермальным и гидротермальным способом на различных подложках.

Для получения фазы VO_2 в виде порошков и пленок использовали реакции восстановления V_2O_5 изопропанолом, щавелевой кислотой, формальдегидом. Синтезы проводились в автоклавах объемом 12 мл при температурах выше 200°C . В качестве подложек использовали пластинки из поликора и сапфира г- и с-ориентаций. После сольвотермального осаждения пленки подвергались рекристаллизационному отжигу в инертной атмосфере при температуре выше 600°C . Полученные порошки и пленки VO_2 исследовали рентгенофазовым анализом, сканирующей электронной микроскопией. С целью определить содержание кристаллизационной воды использовались термический анализ порошков VO_2 и титрование по Фишеру образующейся воды.

В ходе работы показано, что сольвотермальное восстановление V_2O_5 изопропанолом является удобным способом получения диоксида ванадия в виде нанопорошков и тонких пленок, управляющими параметрами которого являются степень заполнения автоклава, температура и время. Для этого было изучено влияние степени заполнения автоклава, температуры и времени сольвотермального синтеза на глубину процесса восстановления изопропанолом. Влияние степени заполнения автоклава находит объяснение на основе принципа Ле-Шателье и закона Коновалова. Также установлено, что продукт восстановления – оксид ванадия (IV) образуется в виде гидрата метастабильного полиморфа $\text{VO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}(\text{B})$.

Нами разработан и исследован сольвотермальный метод, и впервые получены сплошные текстурированные пленки диоксида ванадия на с-сапфире, обладающие переходом диэлектрик-металл, в сольвотермальных условиях.

Публикации студентки: <http://istina.msu.ru/profile/marinkaest/>

21-8

Соболь Александр Григорьевич



Московский Государственный Университет

Лаборатория химии координационных соединений

Роль рекристаллизации в процессе получения
эпитаксиальных пленок диоксида ванадия с резким
переходом диэлектрик-металл

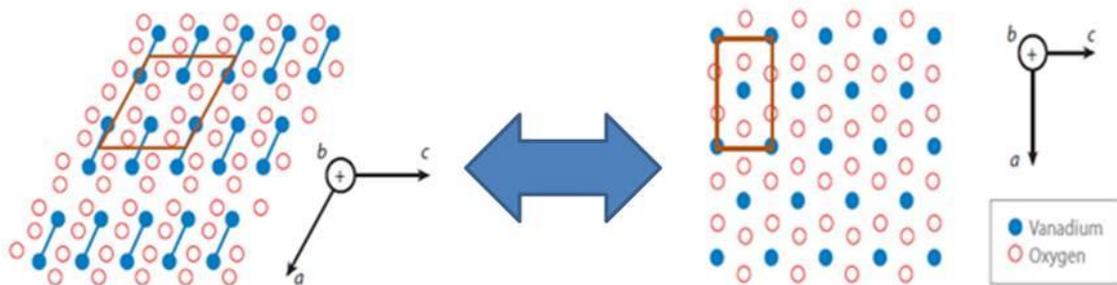
Факультет наук о материалах

Соболь Александр Григорьевич

Руководитель:
к.х.н., н.с. Макаревич А.М.

Москва, 21 января 2017г.

Переход $VO_{2(M)} \leftrightarrow VO_{2(T)}$



- Изменение R до 5 порядков
- Сверхбыстрый
- $T = 68^\circ C$
- Отражение в ИК

- Изменение плотности
- Влияние параметров синтеза на структуру и состав

2.



Представители от лаборатории: Чепиков, д.х.н. проф Кауль Андрей Рафаилович

Роль рекристаллизации в процессе получения эпитаксиальных пленок диоксида ванадия с резким переходом диэлектрик-металл

Соболь А.Г.

Руководитель: к.х.н., н.с. Макаревич А.М.

Оксиды переходных металлов могут обладать интересными функциональными свойствами, связанными с особенностями кристаллической и электронной структуры. Диоксид ванадия при близкой к комнатной температуре (68°C) претерпевает сверхбыстрый переход диэлектрик-металл (ДМ) с изменением электрического сопротивления (на 4 порядка) и оптической прозрачности для ИК-излучения. Это создает перспективную возможность использования материалов на основе VO_2 в сверхбыстрых оптических затворах, болометрах, сенсорах, термохромных покрытиях, «умных» окнах. Для практического применения требуются тонкие эпитаксиальные пленки диоксида ванадия, обладающие высокими характеристиками перехода ДМ и устойчивые к многократному циклированию.

Получение качественных пленок диоксида ванадия является сложной задачей вследствие большого разнообразия соединений в системе V-O. Структура и свойства эпитаксиальных пленок диоксида ванадия сильно зависят от многих параметров: соотношение ванадий-кислород, примеси полиморфных модификаций VO_2 , дефекты на границах зерен, внутренние напряжения в пленках. Для получения пленок диоксида ванадия используют как сложные и затратные физические методы, так и менее трудоемкие химические методы, однако последние не позволяют получить пленки с высокими физическими характеристиками перехода ДМ. Цель данной работы – изучить возможность низкотемпературной рекристаллизации пленок $\text{VO}_2/\text{r-Al}_2\text{O}_3$, полученных методом MOCVD, путем термической обработки при температурах до 650°C и выявить основные факторы, влияющие на состав, морфологию, кристаллическую структуру и физические свойства пленок.

Эпитаксиальные пленки VO_2 были синтезированы на подложках из r-сапфира по реакции пиролизиса гексафторацетилацетоната ванадила в инертной атмосфере. Полученные образцы подвергали температурной обработке при температурах 575-650°C продолжительностью 15-120 минут. Для исследования влияния условий синтеза образцов на их состав, структуру и морфологию использовали РФА, КР-спектроскопию, СЭМ, АФМ и ПЭМ. Измерение физических характеристик перехода ДМ проводили путем измерения сопротивления на 4-хконтактной схеме и измерения интенсивности отражения излучения в ИК-диапазоне.

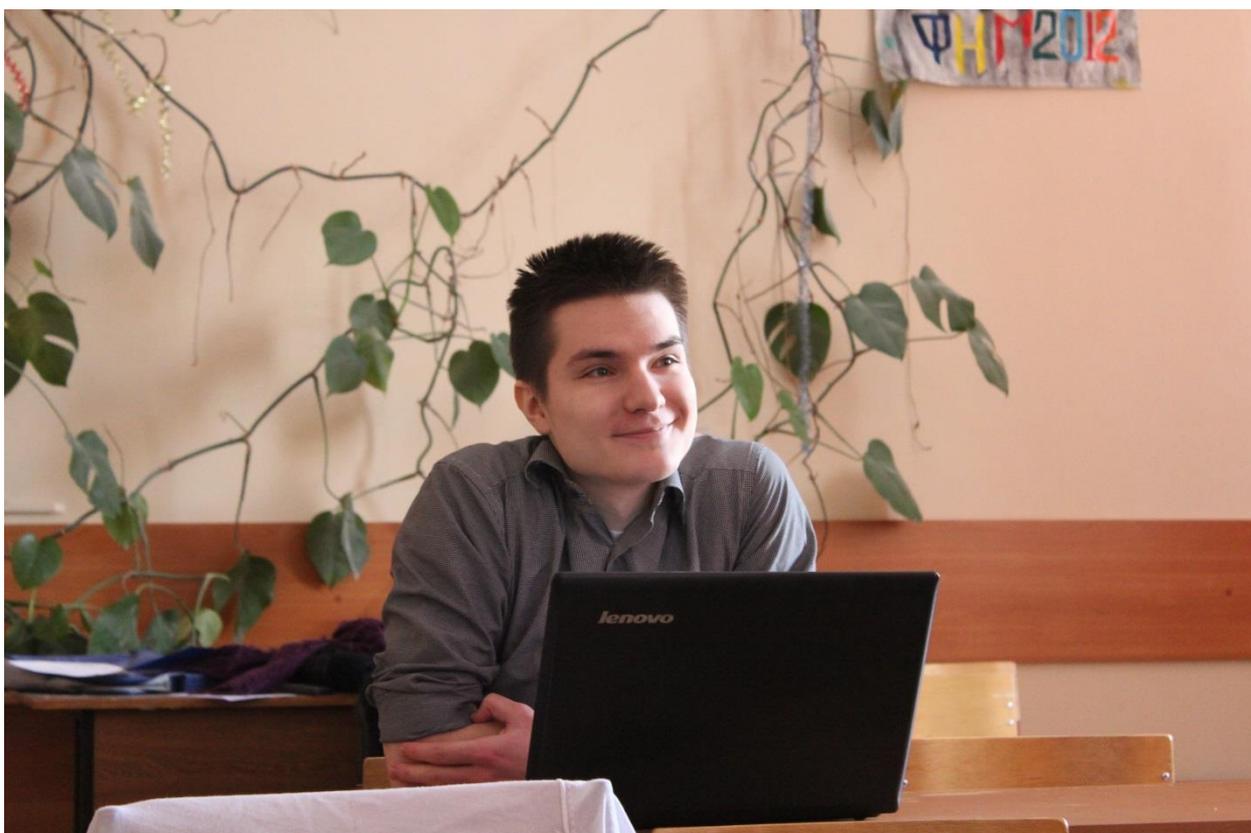
В ходе работы доказана применимость метода MOCVD для синтеза эпитаксиальных пленок $\text{VO}_2/\text{r-Al}_2\text{O}_3$ и изучено влияние параметров последующего температурного отжига на свойства перехода диэлектрик-металл. Для исследования влияния температуры, времени отжига и парциального давления кислорода на состав, структуру и морфологию пленок их подвергали анализу методами РФА, КР спектроскопии, ДОЭ, СЭМ, АСМ, ПЭМ.

Установлены основные закономерности процесса рекристаллизации пленок, и выявлены оптимальные условия термической обработки для получения пленок с рекордными характеристиками перехода ДМ. Для объяснения полученных результатов предложена химическая модель процессов, происходящих в условиях отжига, основанная на влиянии примеси легкоплавких окисленных фаз на границах зерен.

Публикации студента: istina.msu.ru/profile/SweetDreamsAreMadeOfThis/

21-9

Полубояринов Антон Сергеевич



Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Факультет наук о материалах

**Влияние добавок перхлоратов и щелочей на
размеры сферических частиц диоксида титана в
процессе их формирования в водно-спиртовых
растворах бутилата титана**

Выполнил:

Полубояринов Антон Сергеевич,
студент 4 курса

Научный руководитель:

Гаршев А.В., к.х.н., доцент

Москва, 2017

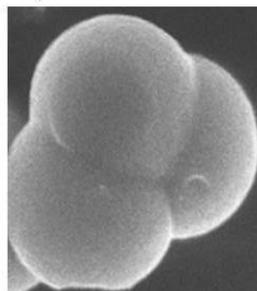
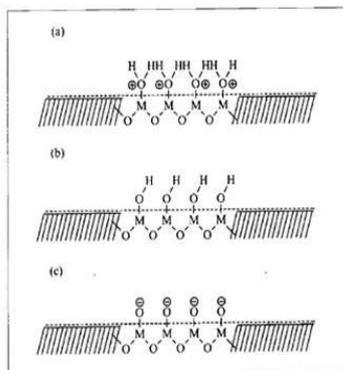
Влияние заряда на поверхности частиц

Схематичное изображение
поверхности частицы

a. в кислом растворе

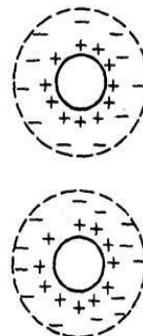
b. в нейтральном растворе

c. в щелочном растворе



Частицы с малой величиной заряда на
поверхности коагулируют

Частицы с большой
величиной заряда на
поверхности не
коагулируют



F.A. Tourinho, A.F.C. Campos, R. Aquino, M.C.F.L. Lara, G. J. da Silva, and J. Depeyrot
Surface Charge Density Determination in Electric Double Layered Magnetic Fluids
Braz. J. Phys. vol.32 no.2b São Paulo June 2002

4



Руководитель: к.х.н., доц. Гаршев Алексей Викторович, <http://istina.msu.ru/profile/gaal/>

Влияние добавок перхлоратов и щелочей на размеры сферических частиц диоксида титана в процессе их формирования в водно-спиртовых растворах бутилата титана

Полубояринов А.С.

Руководитель: к.х.н., доц. Гаршев А.В.

Материалы на основе диоксида титана перспективны для применения в жидкостной хроматографии. В этой области применения они должны обладать сферической морфологией частиц при среднем диаметре микросфер 1-5 мкм и среднеквадратичном отклонении не более 30%.

Одним из способов получения сферических частиц оксида титана является гидролиз его алкоксидов в абсолютном этаноле. Однако полученный таким образом материал не удовлетворяет требованиям к монодисперсности. Мы предлагаем сузить распределение по размерам путем добавления NaOH, Ba(OH)₂, NaClO₄, Ba(ClO₄)₂ на стадии синтеза. Теоретически, выбранные добавки должны увеличить дзета-потенциал (по модулю), а также оказать влияние на механизмы роста частиц. В случае со щелочами, увеличение концентрации гидроксил-ионов в реакционной среде может также ускорить процесс гидролиза. Ожидается, что оба эффекта приведут к сужению распределения частиц по размерам.

Целью работы, выполняемой в течение семестра, было определение зависимости среднего размера сферических частиц TiO₂ и их распределения по размерам от концентрации Ba(OH)₂.

Были синтезированы образцы с использованием Ba(OH)₂ в концентрациях от $0.6 \cdot 10^{-4}$ до $8.8 \cdot 10^{-4}$ М. Рентгенофазовый анализ показал, что синтезированные образцы рентгеноаморфны. По данным растровой электронной микроскопии (РЭМ) синтезированные образцы состоят из частиц сферической формы. Распределение частиц по размеру было исследовано методами РЭМ и статического светорассеяния (ССР). Распределение частиц по размерам для большинства полученных образцов является бимодальным со средним размером крупных частиц в пределах 2 - 2.7 мкм и среднеквадратичным отклонением около 25%. Отделить крупные частицы от мелких возможно путем седиментационного разделения как на стадии синтеза, так и синтезированного продукта. Была проведена гидротермальная обработка полученных образцов при 200 и 210 °С в течение 24 и 96 часов, в результате которой аморфные частицы частично закристаллизовались в фазы анатаза и брукита.

Сделано предположение о том, что первоначально используемая методика синтеза не позволяет достичь поставленной цели из-за долгой продолжительности и предположения о влиянии на формирование частиц ряда факторов, которые невозможно контролировать в доступных нам условиях. В связи с этим была предложена новая методика, по которой было синтезировано 2 серии образцов. Первая серия показала, что сушка образцов при 60 °С позволяет получать сферические частицы с параметрами частиц, соответствующими сушке при комнатной температуре, при этом сокращается длительность синтеза на 2 порядка. Вторая серия образцов показала, что ионная сила раствора не является определяющим фактором, влияющим на конечное распределение частиц по размерам – мы предполагаем, что в случае Ba-содержащих добавок влияние может оказывать диоксид углерода, растворенный в реакционной среде.

Публикации студента: <http://istina.msu.ru/profile/Poluboyarinov/>

ОЖИДАНИЕ



ЗАВЕРШЕНИЕ



РЕЙТИНГ СТУДЕНТОВ ГРУППЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОЦЕНКИ ВЫСТУПЛЕНИЙ НА КОНФЕРЕНЦИИ

1	Коротков Роман Федорович
2	Сулимов Артём Витальевич
3	Воронин Олег Сергеевич
4	Сухоруков Григорий Алексеевич
5	Блохина Анастасия Дмитриевна
6	Соболь Александр Григорьевич
7	Устинова Марина Игоревна
8	Руднев Павел Олегович
9	Гущина Ирина Игоревна
10	Синенко Ирина Леонидовна
11	Морозова Полина Александровна
12	Кузина Мария Алексеевна
13	Манойлов Алексей Игоревич
14	Полубояринов Антон Сергеевич
15	Ильясов Леонид Олегович
16	Исмагилов Камиль Ильшатovich
17	Ванеев Александр Николаевич
18	Окатынко Валерий Дмитриевич
19	Трибунская Полина Александровна
20	Пакленков Владислав Владимирович