

Второй выпуск магистров на Факультете наук о материалах



Программа подготовки включала в себя лекционные курсы, реализующие специальные («Химия, физика и механика материалов», «Функциональные наноматериалы», «Перспективные неорганические материалы со специальными функциями», «Супрамолекулярная химия», «Бионеорганическая химия», «Координационная химия», «Физико-химическая механика») и гуманитарные дисциплины («История и методология науки о материалах», «Методика преподавания естественнонаучных дисциплин», «Философские проблемы естествознания», «Компьютерные технологии в науке и образовании»), дисциплины по выбору студентов, а также практические занятия, позволившие студентам освоить новейшее синтетическое и исследовательское оборудование, пополнению парка которого на ФНМ уделяется большое внимание.

На 1 году обучения магистранты осваивали начальную часть спецпрактикума «Методы исследования неорганических материалов», в рамках которой знакомились с основными принципами работы современных приборов, используемых при исследовании физико-химических и механических свойств материалов, а на втором году они проходили

заключительную, расширенную часть спецпрактикума, основной задачей которой была подготовка квалифицированных пользователей (операторов) для самостоятельной работы на конкретном оборудовании.

Программа обучения предусматривала также научно-исследовательскую практику в сторонних организациях, причем администрация факультета поощряет прохождение студентами в рамках практики и зарубежных стажировок. В 2010 г. 17 студентов прошли такую практику в зарубежных (США, Италия, Германия, Корея, Франция и др.) учебно-научных и научных центрах. Это позволило студентам познакомиться с работой ведущих научных коллективов, развить свои навыки материаловедов-исследователей, приобрести языковую практику.

Важным фактором, способствовавшим развитию творческой активности студентов, явилось и то, что научная работа с первого курса входила в учебный план. О высокой научной активности студентов свидетельствует большое количество публикаций в научных журналах, а также участие в российских и международных научных конференциях. Общее число публикаций выпускников 2010 г. приближается к 300.

В 2010 г. магистерские диссертации защитили 17 выпускников. Работы выполнялись, в лабораториях

кафедры неорганической химии химического факультета МГУ. Оценивала работы высококвалифицированная комиссия, возглавляемая директором Института физической химии и электрохимии РАН академиком РАН А.Ю. Цивадзе. В состав комиссии, наряду с

преподавателями ФНМ и химического факультета, входили представители Российской академии наук (5 академиков и 9 членов-корреспондентов), ведущие специалисты институтов РАН и Госкорпорации «Российская Корпорация Нанотехнологий».

Аннотации магистерских диссертаций

Коваленко Артем Александрович

Гибридные структуры на основе наностержней оксида цинка и проводящего полимера

Руководитель - к.х.н., в.н.с. Баранов А.Н. (лаборатория неорганического материаловедения).



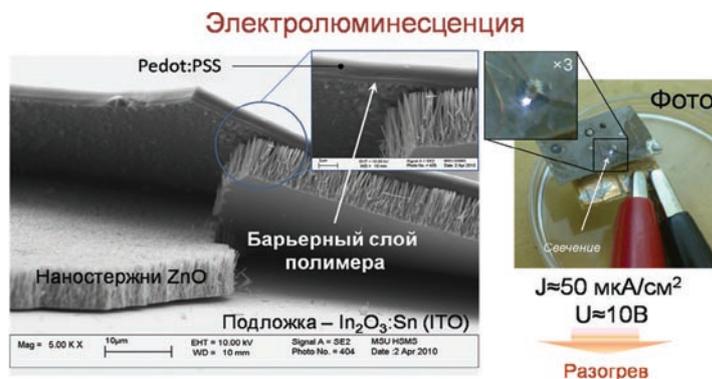
Оксид цинка - полупроводник с широкой запрещенной зоной (3.3 эВ) и рекордно высокой энергией связи экситона (60 мэВ), что делает его перспективным материалом для высокоэффективных светоизлучающих устройств в УФ и видимом диапазоне.

В последнее время становятся популярными гибридные структуры на основе оксида цинка и проводящих полимеров с дырочным типом проводимости. В ряде работ показана возможность создания светоизлучающих устройств на основе такого рода структур. При этом наиболее перспективной морфологией, позволяющей сочетать в себе как совершенство кристаллической структуры, так и превосходные люминесцентные свойства, является массив наностержней ZnO, вертикально ориентированных на подложке.

Цель работы Артема - разработка метода синтеза в довольно мягких условиях (температура менее 200°C) вертикально ориентированных наностержней оксида цинка и создание гибридных структур с проводящим полимером р-типа.

Для синтеза использовали подложки из кремния и кварцевого стекла со слоем прозрачного проводящего оксида индия, легированного оловом (ITO). Перед осаждением на поверхность подложки наносили тонкую пленку ацетата цинка из его раствора в этиловом спирте и проводили отжиг подложки при 300-350°C. Рост наностержней осуществляли в герметичном сосуде в растворе этилендиамина и ацетата цинка при 110°C в течение 1-2 часов (концентрацию и pH раствора варьировали).

По результатам электронной микроскопии поверхность подложки после синтеза была покрыта равномерным слоем ориентированных перпендикулярно подложке наностержней ZnO со структурой типа вюрцита, длина которых определялась временем синтеза и составляла от 800 нм до 8 мкм. Диаметр наностержней можно контролируемо менять от 30 до 300 нм в зависимости от концентрации и pH раствора. Спектры фотолюминесценции, полученные с массива наностержней, свидетельствует о наличии глубоких



Добавление барьерного слоя → Снижение токов утечки → Повышение долговечности

центров излучательной рекомбинации, проявляющихся в виде широкого пика люминесценции в видимом диапазоне спектра. При низкотемпературном отжиге при 200°C соотношение интенсивностей экситонной люминесценции (380 нм) и дефектной люминесценции увеличивается на несколько порядков.

На полученные массивы наностержней был нанесен слой полиэтилендиоксифена в виде водной суспензии. К полученной структуре были изготовлены контакты (к подложке из ITO – контакт из индия, к полимеру – контакт из серебра). Вольтамперные характеристики полученных структур продемонстрировали диодное поведение.

Публикации студента - 11

Абрамова Вера Владимировна

Особенности структуры опаловых фотонных кристаллов

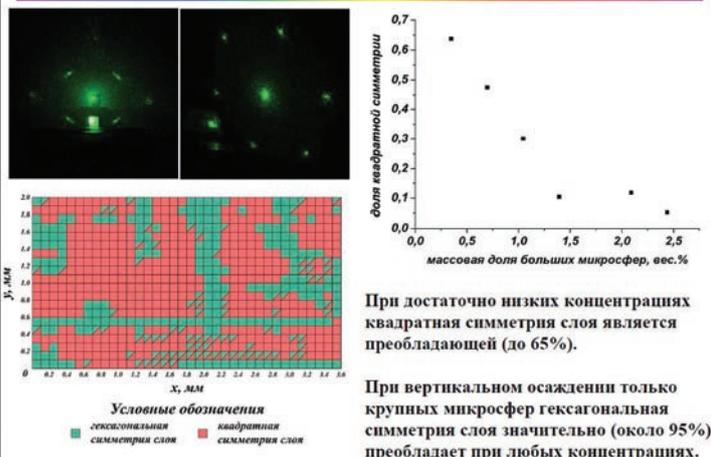
Руководители - к.х.н. Синицкий А.С., к.ф.-м.н., с.н.с. Климонский С.О., (лаборатория неорганического материаловедения).



Фотонные кристаллы (ФК) – это материалы с пространственно-периодической структурой, характеризующиеся изменением коэффициента преломления в масштабах, сопоставимых с длинами волн света видимого и ближнего ИК диапазонов. Основным свойством ФК является наличие в спектрах их собственных электромагнитных состояний фотонных запрещенных зон, благодаря чему ФК часто рассматриваются в качестве оптических аналогов электронных полупроводников и как основа принципиально новых устройств оптической передачи и обработки информации.

В работе Веры синтезированы и исследованы пленочные трехмерные ФК на основе опалов, инвертированных опалов и бинарных опалов. Проведена комплексная характеристика структуры методами сканирующей лазерной и малоугловой рентгеновской

Бинарные опалы: симметрия слоя



дифракции, электронной микроскопии и оптической спектроскопии.

С точки зрения оптических свойств принципиальным является наличие в структуре опала дефектов упаковки. В дипломной работе предложена методика исследования структуры дифракционными методами. Для этого анализировались угловые зависимости интенсивности дифракционных рефлексов. На типичной зависимости выявлены максимумы, соответствующие ГЦК упаковкам типа ABCABC... и ACBACB..., причем по соотношению интенсивностей пиков и их уширению можно было судить о преимущественном типе чередования слоев. Кроме того, показано, что участки с различным чередованием слоев размещены в плоскости подложки. При инвертировании опала возникает множество дополнительных дефектов — структура разделяется на изолированные домены, происходит растрескивание, смещение и поворот участков образца друг относительно друга. Изменение структуры при инвертировании отслеживалось методом лазерной дифракции и электронной микроскопии.

Кроме того, в работе предложены способы синтеза инвертированных опалов с достаточным для монокристаллической спектроскопии размером доменов. Проведенные монокристаллические оптические измерения подтвердили высокое качество структуры образцов. В работе предложен также метод синтеза бинарных пленочных опалов с заданной ориентацией структуры относительно подложки. Обнаружено, что в зависимости от концентрации коллоидного раствора, из которого осуществляется рост опала, можно получить образцы с квадратной или гексагональной симметрией параллельного подложке слоя. Это является возможным путем к уменьшению дефектности получаемых опалов.

Публикации студентки - 24

Филиппов Ярослав Юрьевич

Композиционные биоматериалы на основе карбонатзамещенного гидроксиапатита

Руководитель - к.х.н., доцент Путляев В.И., (лаборатория неорганического материаловедения).

В настоящее время остро стоит проблема замены костной ткани, утерянной вследствие различных факторов (болезни, раковые опухоли, операции, травмы и др.). Классическим, широко используемым в клинической практике материалом считается гидроксиапатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (ГАП), который близок по химическому составу к неорганической составляющей костной ткани. Однако чистый ГАП обладает рядом недостатков: низкой скоростью биорезорбции *in vivo* и слабым стимулирующим воздействием на рост новой костной ткани (остеоиндукцией). Выходом из данной ситуации

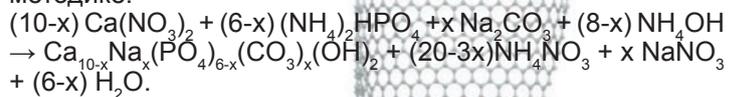


Защитив магистерскую диссертацию на факультете наук о материалах, понимаешь, что позади очень важный и ответственный этап жизни и самое время подвести определенные итоги. Ни для кого не секрет, что образование, полученное нами за прошедшие шесть лет, является крайне разносторонним и высококачественным, а выпускники, получившие диплом, могут эффективно решать научные проблемы в любой области материаловедения.

является модификация чистого гидроксиапатита введением в его структуру карбонат-анионов, что позволяет получить карбонатзамещенный гидроксиапатит $\text{Ca}_{10-x}\text{Na}_x(\text{PO}_4)_{6-x}(\text{CO}_3)_x(\text{OH})_2$ (КГАП), который более точно воспроизводит состав костной ткани и обладает повышенной биорезорбцией и остеоиндукцией. Однако материалы на основе карбонатзамещенного гидроксиапатита не могут быть получены посредством обычного твердофазного спекания, так как КГАП нестабилен при высоких температурах. Выходом из данной ситуации является получение композиционного материала на основе КГАП, состоящего из легкоплавкого фосфатного стекла, которое также обладает высокой скоростью биорезорбции, или в матрицу биodeградируемого полимера.

Целью работы Ярослава была разработка приемов получения композиционного материала на основе КГАП при температурах ниже его разложения. Для достижения поставленной цели необходимо было решить задачи по определению взаимосвязи между условиями получения порошка КГАП и его степенью замещения, дефектностью, растворимостью и микроструктурой, определить условия взаимодействия фосфатного стекла с КГАП и оптимальные условия получения композиционного материала КГАП/стекло, условия получения композиционного материала КГАП/полимер.

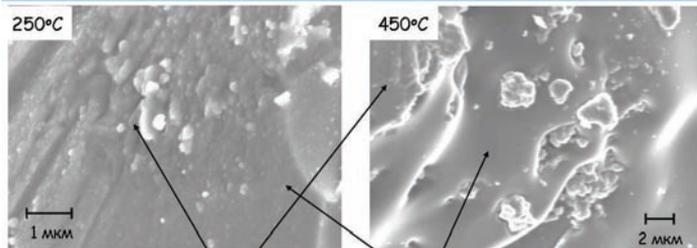
Синтез карбонатгидроксиапатита проводили при температурах 20, 40 и 60°C по стандартной жидкофазной методике:



В качестве фосфатного стекла использовали состав, состоящий из 54% масс. $\text{Na}_4\text{CaP}_6\text{O}_{18}$ и 46% масс. $\text{Na}_2\text{CaP}_2\text{O}_7$ с эвтектикой при температуре 473°C, когда КГАП стабилен и потери карбонат-ионов из его структуры не происходит. Спекание осуществляли при $T = 700, 600, 500$ и 450°C в течение 24 ч, а также под давлением 400 МПа при $T=250$ и 450°C . Полученные образцы исследовали с помощью РФА, РЭМ, ИК-спектроскопии, ТГ и ДТА, ионметрии, капиллярной адсорбции азота (БЭТ), волюмометрии, радиоспектроскопии (ЭПР, ДЭЯР, ЯМР).

Замещение в структуре КГАП является смешанным А-Б типа (в позиции OH-групп — А-тип, в позиции PO_4^{3-} — Б-тип): $\text{Ca}_{10-x}\text{Na}_x(\text{PO}_4)_{6-x}(\text{CO}_3)_x(\text{OH})_{2-2y}(\text{CO}_3)_y$. При $T = 60^\circ\text{C}$ образцы с различной рассчитанной ($x=0.25-2$) степенью замещения не содержали примесных фаз, в то время как при $T = 40$ и 20°C образцы с $x=2$ и $x=1.5$ и 2, соответственно,

Композит стекло/КГАП



Частицы КГАП Фосфатное стекло
Содержание CO_3^{2-} -анионов, масс. %

| | КГАП | КГАП/стекло (T=250°C) | КГАП/стекло (T=450°C) |
|----------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|
| $\omega(\text{CO}_3^{2-})$ | 7,5 ± 0,3 | 7,2 ± 0,5 | 6,9 ± 0,5 |

содержат заметное количество карбоната кальция. Увеличение содержания карбонат-анионов в структуре КГАП приводит к смене типа замещения преимущественно на Б-тип, а также к увеличению растворимости в трибуфере. При $T \geq 500^\circ\text{C}$ наблюдается взаимодействие КГАП со стеклом с образованием $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (ТКФ), в то время как при $T=450^\circ\text{C}$ взаимодействия не наблюдается. Исследования КГАП методами радиоспектроскопии (ЭПР, ЯМР) указывают на возможность изморфного замещения NO_3^- ионами позиций в каналах апатитной структуры и конкуренцию между NO_3^- и CO_3^{2-} за А-позиции. При высоких содержаниях карбонат-иона внедрение нитратного иона в решетку КГАП пренебрежимо мало.

В результате, установлена взаимосвязь между условиями получения нанопорошка КГАП и его свойствами, получены компактные композиционные материалы на основе КГАП с матрицами из фосфатного стекла и биodeградируемого полимера.

Публикации студента – 17

Харченко Андрей Васильевич

Осаждение оксидных и фторидных буферных слоев из растворов новых металлорганических прекурсоров

Руководители - асп. Макаревич А.М., к.х.н. Ибрагимов (лаборатория химии координационных соединений)

В настоящее время существует проблема создания ВТСП-кабелей второго поколения, решение которой позволит существенно снизить энергозатраты при передаче тока высокой мощности на большие расстояния. Среди подходов к их изготовлению наиболее перспективной является технология RABiTS (Rolling Asisted Biaxially Textured Substrate), состоящая в том, что на биаксиально текстурированные металлические ленты из Ni сплавов последовательно наносят буферный слой и слой ВТСП, которые наследуют текстуру ленты. Развитие растворных методов нанесения ориентированных слоев при изготовлении ВТСП-кабелей второго поколения позволит существенно снизить их стоимость и упростить технологический процесс.

Работа Андрея посвящена получению оксидных и фторидных буферных слоев на протяженных биаксиально текстурированных металлических лентах. Цель работы – развитие растворных методов нанесения пленок с использованием новых металлорганических прекурсоров. В качестве таких прекурсоров предложено использовать растворы разнолигандных координационных соединений (РЛК) на основе карбоксилатов металлов с нейтральными лигандами L, которые одновременно выполняют



Обучение на ФНМ позволяет освоить комплекс естественнонаучных дисциплин. Их закрепление происходит в лабораториях, где студенты имеют возможность общения с крупными учеными уже с первого курса. При этом существует возможность выбора среди большого числа научных направлений. Актуальность решаемых задач, отличное приборное оснащение и ощущение причастности к Московскому Университету – главные достоинства учебы на факультете.

функцию растворителя. Объекты исследования – пленки фторидов ЩЗЭ , MgO и CeO_2 , которые по своим кристаллографическим параметрам, химическим и физическим свойствам могут использоваться как компоненты буферных слоев.

В работе проведены синтез и исследование новых прекурсоров на основе РЛК состава $\text{M}(\text{CF}_3\text{COO})_2(\text{L})_x(\text{H}_2\text{O})_y$ ($\text{M}=\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$) и $\text{M}'(\text{RCOO})_y\text{L}_x(\text{H}_2\text{O})_y$ ($\text{M}'=\text{Mg}, \text{Ce}; \text{R}=\text{H}, \text{CH}_3, \text{C}(\text{CH}_3)_3$), где L – моноэтаноламин или диглим. Образующиеся РЛК охарактеризованы совокупностью данных элементного, ИК-спектроскопического и рентгеноструктурного анализов. Методом термического анализа (ТГ, ДТА) изучены процессы термораспада этих соединений и определены температурные интервалы их превращения в соответствующие фториды и оксиды.

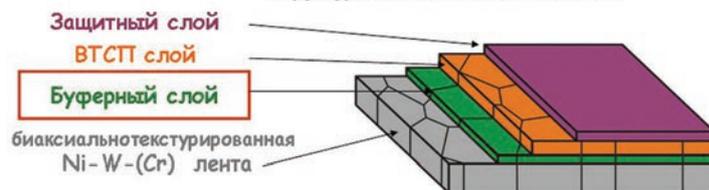
На основе новых РЛК приготовлены растворы металлорганических прекурсоров, с

использованием которых получены эпитаксиальные пленки CeO_2 , MgO , CaF_2 , SrF_2 на протяженных металлических подложках. Для анализа степени совершенства кристаллической структуры полученных оксидных и фторидных пленочных материалов применены различные модификации методов рентгеновской (2θ , φ - и ω -сканирование) и электронной дифракции. Морфология поверхности охарактеризована методами оптической, растровой электронной и атомно-силовой микроскопии.

Публикации студента - 14

ВТСП кабели второго поколения

Структура ВТСП кабеля 2 поколения



Требования, предъявляемые к материалу буферного слоя:

- Близость кристаллографических параметров
- Химическая инертность
- Близкие величины КТП



Петухов Дмитрий Игоревич

Мембранные материалы на основе анодного оксида алюминия

Руководитель - к.х.н., ассистент Елисеев А.А. (лаборатория неорганического материаловедения)



Среди множества знаний и навыков, которым меня обучили на ФНМ, следует особо выделить умение учиться и быстро разбираться в не совсем понятных вещах.

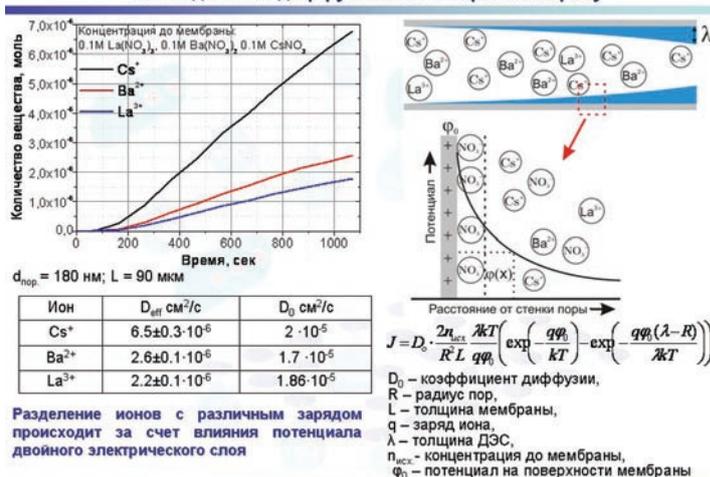
Мембранные методы разделения жидкостных и газообразных смесей получили значительное развитие в последние годы и уже сегодня широко используются в технологических процессах. Кроме того, существуют области, где мембранная технология вообще не имеет конкурентов – например, аппарат типа «искусственная почка». Ключевой проблемой при реализации мембранных процессов является улучшение характеристик существующих мембранных материалов, в частности получение мембран с высокой селективностью, высокой термической и химической стабильностью. На сегодняшний день для синтеза неорганических мембранных материалов используют различные подходы: спекание порошков, золь-гель технология, нанесение тонких селективных слоев осаждением из газовой фазы, а также различные комбинации этих методов. Однако эти методы не позволяют прецизионно контролировать микроструктуру мембран на стадии их синтеза, поэтому использование метода анодирования алюминия, который позволяет контролировать диаметр пор, пористость и толщину мембран на стадии синтеза, представляется достаточно перспективным методом создания неорганических мембран. Цель работы Дмитрия – создание мембранных материалов на основе анодного оксида алюминия для разделения газов, проточного катализа в газовой фазе и фильтрации жидкостей.

В рамках работы для синтеза мембран был использован метод анодного окисления металлического алюминия в растворяющих электролитах в диапазоне напряжений от 20 до 160 В. Были синтезированы мембраны с диаметром пор в диапазоне от 17 до 210 нм и толщиной от 50 до 200 мкм. Так же в были синтезированы ассиметричные мембраны Pd/Al₂O₃ путем термического напыления слоя палладия на пористую мембрану и мембранные катализаторы Pt/анодный-Al₂O₃ путем пропитки мембраны раствором H₂PtCl₆ с последующим восстановлением.

По данным измерения термической и химической стабильности мембран анодного оксида алюминия установлено, что мембраны могут использоваться вплоть до температуры 850°C и диапазоне pH от 3 до 11 без потери функциональных характеристик. Результаты измерения газопроницаемости индивидуальных газов и газовых смесей показали, что протекание газа через поры происходит по механизму диффузии Кнудсена, при этом проницаемость мембран достаточно высока (до 170 м³/(м²*атм*час) для N₂ при температуре 25°C). Нанесение слоя палладия на поверхность пористой мембраны позволяет значительно повысить её

селективность по отношению к смесям, содержащим водород. Активность мембранных катализаторов Pt/Al₂O₃ была исследована на модельных реакциях гидрирования пропилена и окисления СО. Установлена зависимость активности мембранного катализатора от диаметра пор. Эксперименты по жидкостной фильтрации показали, что мембраны обладают высокой жидкостной проницаемостью (до 75 л/(м²·атм·час)) и резким графиком отсечения в микрофильтрационном процессе.

Исследование диффузии ионов через мембрану



селективность по отношению к смесям, содержащим водород. Активность мембранных катализаторов Pt/Al₂O₃ была исследована на модельных реакциях гидрирования пропилена и окисления СО. Установлена зависимость активности мембранного катализатора от диаметра пор. Эксперименты по жидкостной фильтрации показали, что мембраны обладают высокой жидкостной проницаемостью (до 75 л/(м²·атм·час)) и резким графиком отсечения в микрофильтрационном процессе.

Публикации студента - 37

Напольский Филипп Сергеевич

Синтез и исследование новых сложных оксидов кобальта с перовскитоподобной структурой

Руководитель - к.х.н., доцент Истомин С.Я. (лаборатория неорганической кристаллохимии)

Сложные оксиды 3d-металлов, в частности сложные оксиды кобальта с перовскитоподобной структурой в силу наличия кислородных вакансий, высокой каталитической активности в процессе восстановления кислорода и химической стабильности могут быть использованы в качестве катодов твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ).

Цель работы Филиппа – синтез, изучение кристаллической структуры, высокотемпературной электропроводности и термомеханических свойств соединений на основе замещенного в А- и В-подрешетках кобальтита Sr₃YCo₄O_{10.5}.

Установлено, что соединения Sr₃YCo_{4-x}Fe_xO_z кристаллизуются в структуре 314 фазы (для x = 1 и 2), тогда как для x = 3 наблюдается образование кубической структуры перовскита. Замещение части кобальта на железо приводит к снижению КТР и электропроводности образцов. Однако заместить часть кобальта на никель в Sr₃YCo₄O_{10.5} не удалось. При этом открыта новая перовскитоподобная фаза состава Sr_{2.25}Y_{0.75}Co_{1.25}Ni_{0.75}O_{6+y}, определена ее кристаллическая структура, а также термомеханические и высокотемпературные транспортные свойства.

Марганец-замещенные фазы Sr₃YCo_{4-x}Mn_xO_z кристаллизуются в кубической структуре перовскита (x = 1 и 2), тогда как для состава x = 3 происходит образование тетрагональной структуры перовскита. Показано, что с увеличением содержания марганца наблюдается снижение как величин КТР, так и общей электропроводности образцов Sr₃YCo_{4-x}Mn_xO_z. С использованием электронной дифракции установлено, что Sr_{0.75-x}Ca_xY_{0.25}Co_{0.25}Mn_{0.75}O₃ (x = 0.0 – 0.7) кристаллизуется в структурном типе GdFeO₃ с пространственной группой Pnma. Фазы обладают полупроводниковым типом проводимости,



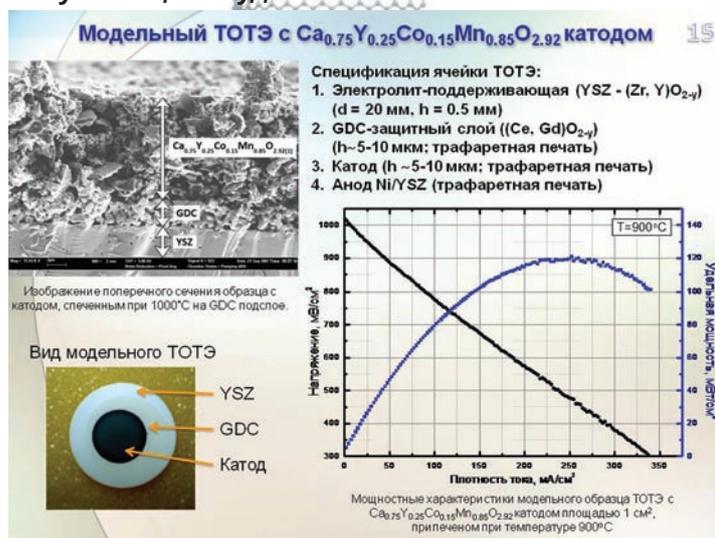
энергия активации растёт с увеличением содержания кальция. Получено новое соединение $\text{Ca}_3\text{YCo}_{0.6}\text{Mn}_{3.4}\text{O}_{12}$, из нейтронографических данных установлена его кристаллическая структура, определены КТР и высокотемпературная электропроводность. Исследованы вольтамперные характеристики модельного ТОТЭ с использованием в качестве катодного материала $\text{Ca}_3\text{YCo}_{0.6}\text{Mn}_{3.4}\text{O}_{12}$.

За 6 лет обучения на ФНМ я не только получил хорошие знания, а также практические навыки, но и подружился с замечательными людьми, окунаясь в атмосферу Московского государственного университета. Очень благодарен факультету наук о материалах за эти прекрасные 6 лет учёбы.

Таким образом, в процессе работы получено 7 новых перовскитоподобных кобальтсодержащих оксидов, установлены их кристаллические структуры, КТР и высокотемпературная электропроводность. На основе нового катодного материала $\text{Ca}_3\text{YCo}_{0.6}\text{Mn}_{3.4}\text{O}_{12}$, сочетающего низкую величину КТР ($13.8 \text{ ррТ} \cdot \text{К}^{-1}$) с высокой электропроводностью ($\sim 140 \text{ См/см}$, 900°C) создан

модельный ТОТЭ и исследованы его мощностные характеристики.

Публикации студента - 15



Балахонов Сергей Васильевич

Синтез композитного материала «вискеры-аэрогель» на основе оксидов ванадия

Руководитель - д.х.н., проф. Чурагулов Б.Р. (лаборатория неорганического материаловедения)

В последнее время популярным направлением научных исследований стал поиск новых материалов для литий-ионных аккумуляторов. Одни из наиболее часто изучаемых материалов в этой области – оксиды ванадия с различной морфологией, в том числе аэрогели. Данный класс соединений характеризуется большой площадью поверхности, высокой пористостью, низкой интегральной плотностью, однако обладает существенными недостатками – слабыми механическими свойствами (прочность, твердость) и низкой электропроводностью. Для устранения этих недостатков добавляют вторую

фазу, которая является как армирующим компонентом, так и электропроводящим каркасом. В качестве таковой чаще всего используют углеродные нанотрубки.

Цель работы Сергея – создание композитов «вискеры-аэрогель» на основе оксидов ванадия и исследование их свойств. Новизна работы заключается в использовании новой фазы вискеро-аэрогеля состава $\text{V}_{0.25}\text{V}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, которые синтезированы в настоящей работе впервые. Кроме того, впервые получен композит «вискеры-аэрогель», оба компонента которого принадлежат системе ванадий-кислород.

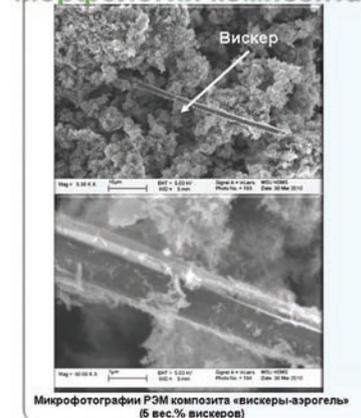
В качестве прекурсора для синтеза образцов использовался ксерогель $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Для получения вискеро-аэрогеля внедряли ионы Ba^{2+} с последующей гидротермальной обработкой. Для синтеза аэрогелей после образования влажного геля $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ производили



Одно из моих жизненных убеждений гласит: если какое-то дело не нравится – не нужно за него браться; а если берешься за понравившееся дело – необходимо «отрабатывать на всю катушку», не щадя ни сил, ни времени для достижения наилучшего результата.

Если говорить про обучение на ФНМ и выполнение научной работы, то я взялся за это дело, стремился всегда к лучшему, не жалел для этого никаких сил. О результатах судить не мне, но могу сказать, что я сделал все, что мог, и ни о чем не жалею, потому что мне это нравилось.

Морфология композита



замещение растворителя, после чего производили сушку. Кроме того, для сравнения аэрогели $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ получали методом вакуумной сушки. Для создания композита смешивали вискеры со свежеприготовленным влажным гелем, после чего проводили сверхкритическую сушку.

На основании РСМА, РФЭС, ТГА был установлен состав вискеро-аэрогеля –

$\text{V}_{0.25}\text{V}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Исследование электрохимических свойств выявило достаточно высокую и стабильную разрядную емкость на уровне $\sim 145 \text{ мАч/г}$.

Синтезированные аэрогели с точки зрения морфологии обладали объемной чешуйчатой структурой с достаточно развитой поверхностью (до $\sim 50 \text{ м}^2/\text{г}$) (БЭТ). Электрохимические исследования выявили разрядную емкость аэрогелей на уровне $\sim 300 \text{ мАч/г}$.

Композиты «вискеры-аэрогель» обладали морфологией, схожей с аэрогелями, и содержали вискеры как армирующий компонент. Кроме того, наблюдалась модификация поверхности вискеро-аэрогеля частицами аэрогеля.

Таким образом, можно заключить, что композит «вискеры-аэрогель» на основе оксидов ванадия потенциально может применяться в качестве катодного

материала в литий-ионных аккумуляторах, что будет являться предметом дальнейших исследований.

Публикации студента - 26

Пухкая Вера Вячеславовна

Синтез и исследование люминесцентных свойств твердых растворов на основе $K_2Y(MoO_4)(PO_4)$

Руководитель - д.х.н., проф. Комиссарова Л.Н. (лаборатория химии и физики полупроводниковых и сенсорных материалов)



ФНМ дал мне любимое дело, друзей, перспективную карьеру. Даже непредставляю себя студенткой какого-либо другого факультета! Шесть лет пролетели для меня, как шесть недель. Самые счастливые шесть лет в моей жизни.

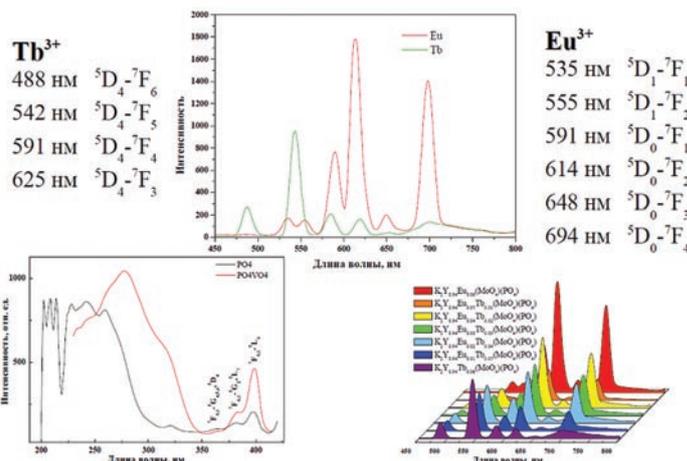
Простые фосфаты и ванадаты редкоземельных элементов, допированные европием или тербием, широко используются в качестве люминесцентных материалов. Сложные фосфаты состава $M^I M^{III}(\text{ЭO}_4)(\text{PO}_4)$ ($M^I = \text{Na}, \text{Rb}$, $M^{III} = \text{Y}, \text{La}, \text{Lu}$, $\text{Э} = \text{Mo}, \text{W}$) перспективны в качестве функциональных материалов благодаря высокой устойчивости к различным внешним воздействиям: высоким температурам, напряжениям, повышенной влажности, сильным неорганическим кислотам.

Объектом исследования был сложный молибдат-фосфат калия-иттрия $K_2Y(MoO_4)(PO_4)$, в структуре которого присутствуют фосфатные слои ксенотима. Следует ожидать, что структурное сходство с YPO_4 приведет к аналогичным люминесцентным характеристикам. Для исследования люминесценции этого соединения его необходимо допировать люминесцирующими ионами РЗЭ: Eu^{3+} , Tb^{3+} , Tm^{3+} . Кроме того, значительное влияние на свойства этих композиций может оказывать присутствие в структуре VO_4^{3-} -аниона. Для более равномерного распределения допирующих агентов в матрице был выбран растворный золь-гель метод синтеза. В задачи магистрантки входила разработка методики синтеза сложного фосфата $K_2Y(MoO_4)(PO_4)$, представляющего собой матрицу, последующее его допирование и исследование люминесцентных свойств.

В работе изучено влияние хелатирующих агентов на протекание процесса синтеза и морфологию конечного продукта и получен ряд однофазных люминесцирующих композиций: $K_2Y_{1-x}R_x(MoO_4)(PO_4)$, где $R = \text{Tb}, \text{Eu}, \text{Tm}$, а также серия образцов состава $K_2Y_{1-x}R_x(MoO_4)(PO_4)_{1-5}(VO_4)_5$; YVO_4 . Для исследования их свойств использовали РФА, СЭМ, ДТА, люминесцентную, кинетическую, рамановскую и ИК-спектроскопии.

Интенсивность люминесценции тербий-содержащих образцов монотонно возрастает при увеличении содержания тербия. Введение ванадат-аниона в состав матрицы, содержащей тербий и европий ($\text{Eu}:\text{Tb} > 1$), сопровождается ростом интенсивности люминесценции. При этом уменьшается симметрия окружения ионов Eu^{3+} и возрастает интенсивность люминесценции дефектов в области 450-550 нм. Люминесценция дефектов в тербий-европий-содержащих образцах связана, видимо, с большой площадью поверхности образца. При отжиге люминесценция дефектов ослабевает, что указывает

Люминесценция Tb^{3+} , Eu^{3+}



на спекание образца, протекающее с уменьшением площади поверхности. Туллий-содержащие образцы обнаруживают интенсивную люминесценцию (453 нм), наблюдается эффект концентрационного тушения. Введение ванадат-аниона отрицательно сказывается на интенсивности люминесценции.

Таким образом, можно направленно влиять на люминесцентные свойства твердых растворов на основе $K_2Y(MoO_4)(PO_4)$ путем изменения состава и условий синтеза.

Публикации студентки - 8

Плохих Наталья Владимировна

Компактные биоматериалы на основе брушитных цемента

Руководитель - к.х.н., доцент Пугляев В.И. (лаборатория неорганического материаловедения)

Создание искусственных материалов для замены костной ткани – перспективное направление материаловедения, в котором ведутся активные исследования. Помимо ставшей уже традиционной керамики на основе гидроксипатита $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (ГАП) всё большее применение находят кальций-фосфатные цементы, основными достоинствами которых являются биосовместимость, простота приготовления и низкая стоимость. В последние годы ведутся активные разработки в области брушитных $(\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ цемента, главным достоинством которых является более высокая степень резорбции *in vivo*. Среди недостатков следует отметить быстрое затвердевание цементной пасты при комнатной температуре (время схватывания менее 1 минуты) и низкую прочность.

Целью работы Наташи была разработка низкотемпературных приемов получения резорбируемых фосфатных материалов с отношением $\text{Ca}/\text{P} \leq 1,5$, консолидированных за счет затвердевания брушитного цемента. В ходе ее выполнения было исследовано влияние различных факторов (введение модифицирующих добавок, соотношение твердая фаза/жидкая фаза, концентрация фосфат-ионов в пасте) на прочностные характеристики и сроки схватывания цементных материалов. Исследована кинетика образования брушита в присутствии добавок.

Брушитные цементы получали из гидроксипатита и трикальцийфосфата (ТКФ). В качестве добавок – замедлителей времени схватывания цементной пасты, были использованы лимонная кислота ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) и полимерные фосфаты – $(\text{NaPO}_3)_3$, $(\text{NaPO}_3)_6$. Соотношение твердая фаза/жидкая фаза варьировалось от 0,6 до 1,0 г/мл. При изменении концентрации фосфат-ионов в пасте

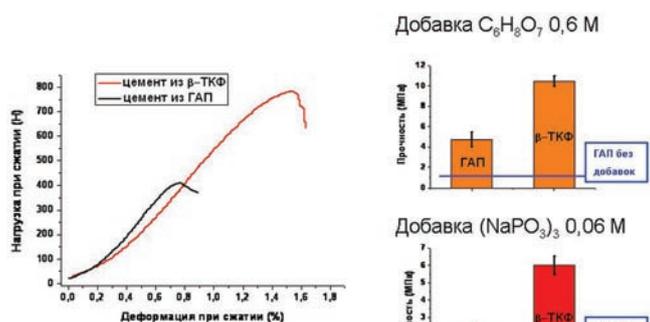


Факультет наук о материалах – прекрасная школа для будущих ученых. Целостный и комплексный подход к обучению практически в равной степени химии, физики и механики материалов – позволяет иначе взглянуть на изучаемый объект, открывает пути к поиску новых решений поставленных задач. Научно-исследовательская работа, которая началась с первого курса, и последующие международные стажировки расширили мой кругозор, обогатили экспериментальный опыт. Общение с коллегами на научных конференциях способствовало моему профессиональному росту.

были получены композиты брушит/ГАП (брушит/ β -ТКФ) с содержанием брушита от 60 до 100 % вес.

Показано, что $C_6H_8O_7$, $(NaPO_3)_3$, $(NaPO_3)_6$ увеличивают сроки

Влияние выбора реагентов на прочность



схватывания брушитных цементов. Эффективность добавок-замедлителей возрастает в ряду $C_6H_8O_7$ – $(NaPO_3)_3$ – $(NaPO_3)_6$. Время схватывания брушитных цементов, полученных из ГАП, значительно больше, чем у цементов из β -ТКФ, что связано с меньшей растворимостью ГАП по сравнению с β -ТКФ. Увеличение соотношения твердая фаза/жидкая фаза приводит к увеличению прочности образцов. У композитных цементов низкая прочность на сжатие, но их использование обусловлено более контролируемой (в сторону замедления) степенью резорбции по сравнению с брушитом.

Публикации студентки - 16

Гетьман Юрий Андреевич

Синтез новых слоистых оксогалогенидов висмута, содержащих магнитные катионы

Руководитель - к.х.н., н.с. Чаркин Д.О. (лаборатория направленного неорганического синтеза)

Соединения со слоистыми структурами привлекают внимание уникальными особенностями их прикладной и структурной химии. Потребность в новых сегнетоэлектрических материалах с заданными наборами свойств остро ставит проблему их прогнозирования, поскольку экстенсивные поиски дороги и трудоемки. Одной из перспективных групп являются фазы Ауривиллиуса и их производные. Возможность введения магнитных катионов в структуры сегнетоэлектриков этого типа исследуется в

связи с возможностью создания мультиферроиков типа «сегнетоэлектрик – ферромагнетик». Однако, данные о сегнетоэлектрических или хотя бы нелинейно-оптических свойствах фаз Ауривиллиуса либо отсутствуют, либо эти соединения обладают центросимметричной структурой. Альтернативной могли бы стать соединения с более сложными структурами.

Цель работы – исследование серии оксогалогенидов висмута общей формулой Bi_4MO_8X (X – галоген, M – комбинация катионов переходных металлов) методами генерации второй гармоники, РФА, ДСК и ТГ для установления условий существования нецентросимметричных структур и проявления сегнетоэлектрических свойств.

В качестве объектов исследования выбраны как уже описанные в литературе соединения $Bi_4Cu_{1/3}W_{2/3}O_{8.5}Cl$, $Bi_4Mn_{1/3}W_{2/3}O_8Cl$, $Bi_4Ti_{0.5}W_{0.5}O_8Cl$, $Bi_4Ti_{0.5}W_{0.5}O_8Br$, но охарактеризованные только магнетометрически, так и впервые полученные нами новые представители этого семейства: $Bi_4Co_{1/4}W_{3/4}O_8Cl$, $Bi_4Ni_{1/4}W_{3/4}O_8Cl$, $Bi_4Fe_{1/3}W_{2/3}O_8Cl$ и $Bi_4Cr_{1/3}W_{2/3}O_8Cl$.

Определены параметры элементарных ячеек синтезированных соединений. Данные нелинейно-оптических измерений показали, что обратимый переход (около $680^\circ C$) между центро- и нецентросимметричной структурами наблюдается, по-видимому, только у соединений титана, которые исследовались для сравнения (фазы, не содержащие магнитных катионов). Это указывает на очень низкую вероятность получения мультиферроиков и в этой группе висмутсодержащих слоистых перовскитов.

Челпанов Виталий Игоревич

Получение монодисперсных микросфер диоксида титана в процессе гидролиза н-бутилата титана и изучение их свойств

Руководитель - к.х.н., ассистент Гаршев А.В. (лаборатория неорганического материаловедения)



Последние 6 лет моей жизни, неразрывно связанные с ФНМ, были далеко не самыми простыми, но, пожалуй, самыми насыщенными, интересными и познавательными.

Материалы на основе различных структурных модификаций диоксида титана, находят широкое применение в науке и технике. В частности при создании фотонных кристаллов, в катализе и фотокатализе, а также в газовой и жидкостной хроматографии.

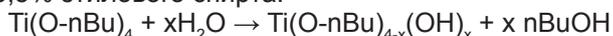
Для применения материала в высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) наиболее важным являются следующие параметры: монодисперсность и сферичность микрочастиц, активность поверхности.

Целью работы Виталия был поиск оптимальных условий нетемплатного синтеза микросфер диоксида титана с малым (10-

15%) среднеквадратичным отклонением от среднего (1 мкм-7 мкм) диаметра и высокой (до $200 \text{ м}^2/\text{г}$) площадью удельной поверхности. Для этого были решены следующие основные задачи: разработан метод синтеза

частиц диоксида титана требуемого среднего диаметра с узким распределением частиц по размерам, разработаны приемы постсинтетической обработки микросфер для достижения требуемых свойств и определены характеристики полученных материалов.

Микросферы синтезировали посредством гидролиза *n*-бутилата титана в среде абсолютизированного этилового спирта при охлаждении. Количество воды в системе регулировалось ведением в реакционную смесь 95,5% этилового спирта:



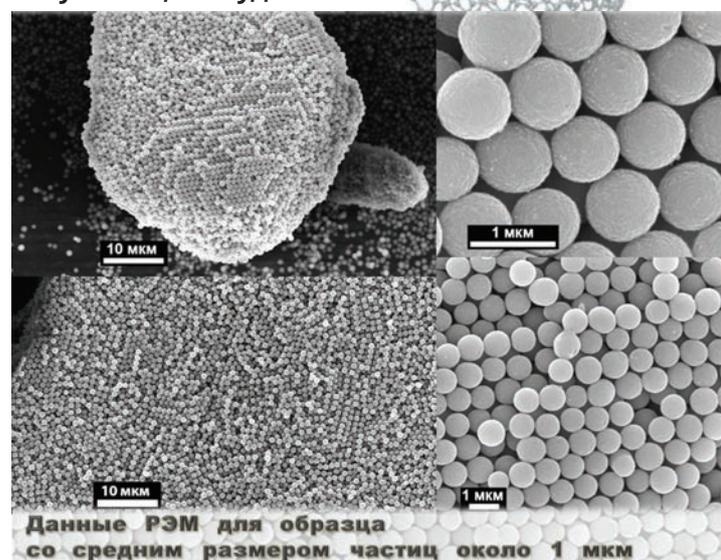
Основными синтетическими особенностями, приводящими к получению монодисперсных микросфер, является тщательная очистка реакционной среды от посторонних центров зародышеобразования, точное соблюдение эмпирически выявленных концентраций реагентов, температуры и отделение агрегатов зародышей на начальной стадии роста микросфер.

Результатом выполненного исследования является создание методики воспроизводимого получения микросфер из диоксида титана, масштабирование синтеза по объему реакционной смеси от 10 до 200 мл и повышение выхода целевого продукта до 80%.

Методика позволяет получать микросферы заданного размера в интервале от 0,2 до 1,5 мкм со среднеквадратичным отклонением в различных случаях до 8-20%, а последующая гидротермальная обработка микросфер позволяет регулировать величину площади удельной поверхности микросфер, а также способствует увеличению твердости получаемых микросфер.

Таким образом, достигнуты важные для применения в ВЭЖХ характеристики микросфер.

Публикации студента - 14



Шехирев Михаил Алексеевич

Формирование микроstructures биокерамики на основе гидроксиапатита в присутствии расплавов биосовместимых хлоридов

Руководители - к.т.н., с.н.с. Сафронова Т.В., к.х.н., доц. Путляев В.И. (лаборатория неорганического материаловедения)

Формирование микроstructures и изучение спекания биокерамики на основе фосфатов кальция являются предметом изучения многих научных групп. Микроstructure керамики, в частности размер зерна, зависит от многих факторов, в том числе от реализуемого механизма спекания: твердофазного, жидкофазного, сопровождающегося протеканием химической реакции.



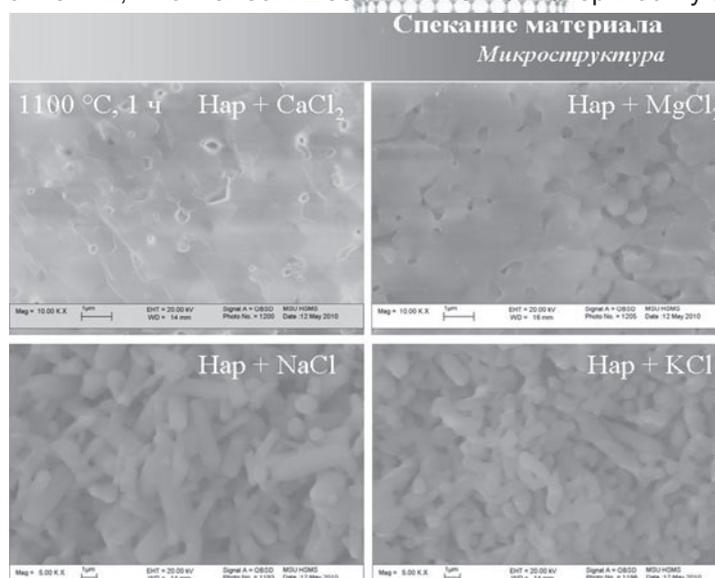
Потратил 6 лет своей жизни ради этого дня, когда смогу сказать себе, что я МАГИСТР ХИМИИ. 6 лет без сна, без свободного времени, без личной жизни. Собираюсь туда же пустить еще 3 года своей жизни, поступив в аспирантуру.

Следует отметить, что 95% всей производимой на данный момент керамики получают жидкофазным спеканием, т.к. данный процесс более быстрый и протекает в более мягких условиях термообработки. Кроме того, присутствие жидкой фазы в процессе спекания материала изменяет поверхностную энергию, способствует дефрагментации и кристаллитов, усадке материала за счет капиллярных сил, что может быть использовано для получения плотного керамического материала с требуемой микроstructure. Для биокерамики спекающие добавки, формирующие жидкую фазу, должны не только хорошо смачивать поверхность основной кристаллической фазы, но и быть биосовместимыми

или образовывать после обжига биосовместимые фазы. Хлориды некоторых металлов (кальция, магния, натрия, калия) отвечают данным требованиям. Поэтому среди задач данной работы, следует выделить изучение химического взаимодействия расплавов данных хлоридов с гидроксиапатитом (ГАП), а также изучение закономерностей смачивания и растекания расплава по поверхности ГАП.

Закономерности смачивания и растекания исследовали на примере расплава хлорида натрия, используя специально собранную для этого установку с высокоскоростной камерой.

Растекание расплава NaCl по поверхности ГАП происходит с постоянной скоростью 15 см/с, причем как чистый расплав NaCl, так и расплав, равновесный ГАП (в 1 г расплава NaCl растворяется примерно $1,015 \cdot 10^{-4}$ моль Са), полностью растекаются по поверхности таблеток. Величина межфазной энергии расплав NaCl-ГАП оценочно находится в диапазоне 10-20 мДж/м². Следует отметить, что наибольшее влияние на поверхностную



энергию ГАП оказывает именно NaCl, что определяли по формированию канавок термического травления на поверхности материала в парах исследуемых хлоридов.

Химическое взаимодействие расплавов хлоридов с ГАП изучали методами РФА и ДТА на образцах, содержащих различное количество добавки (5, 10, 25, 50 % масс). Исследования показали активное взаимодействие ГАП с хлоридами щелочноземельных металлов с образованием MgO и хлорапатита в случае $MgCl_2$, сподюзита (Ca_2PO_4Cl) в случае $CaCl_2$. Взаимодействие ГАП с хлоридами щелочных металлов происходит менее интенсивно и приводит к образованию фаз типа ренанита $MSaPO_4$ (M=Na, K).

Публикации студента - 22

Меледин Александр Александрович Модификация поверхности базальтового волокна для увеличения его коррозионной стойкости биосовместимых хлоридов

Руководители - к.х.н., с.н.с. Кнотько А.В., к.х.н., асс. Гаршев А.В., (лаборатория неорганического материаловедения)



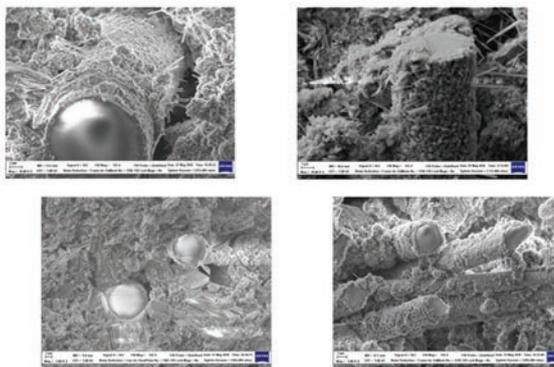
Факультетская жизнь была трудна, порой, уныла и неинтересна, но подарила и радостные мгновения, а самое главное, знания и умения. Спасибо всем.

Интерес к базальтовым материалам обусловлен их уникальными химическими (стойкость в агрессивных средах) и механическими (высокие величины модуля упругости, твердость, и износостойкость) характеристиками. Одно из перспективных направлений использования базальтовых стекол – армирующая волокнистая фаза в современных строительных композитах типа стеклофибробетонов, фибробетонов и наполненных асфальтобетонов. Другой аспект применения базальтовых волокон – теплоизолирующие материалы, работающие в широком интервале температур. Основная проблема, возникающая при эксплуатации подобных материалов – низкая долговечность стекла, работающего в агрессивной химической среде (сильнощелочных цементных растворах, газовой фазе с высоким химическим потенциалом кислорода), что вызывает необходимость разработки физико-химических методов ингибирования процессов коррозии, сопряженных с кристаллизацией, окислением и/или гидролизом базальтовых стекловолокон и композиционных материалов на их основе.

Изучение градиентных (в т.ч. на наноразмерном уровне) материалов, образующихся при окислении базальтового стекловолокна либо при химической модификации его поверхности, интересно с точки зрения влияния их на процессы разрушения волокон, которые могут существенно отрицательно влиять на армирующие характеристики волокон.

В работе Александра определены оптимальные условия термической и химической обработки промышленного (завод «Баск», Кемерово) стекловолокна со средней толщиной несколько десятков мкм, проведена модификация поверхности стекловолокна, изучено распределение элементов в модифицированном образце, исследованы кислотно-основного равновесия в водной среде, а также проведены механические испытания

Микрофотографии базальтовых волокон в цементной матрице



отдельных волокон и стеклофибробетоновых композитов на их основе.

Показано, что при оптимальных условиях модификации происходит образование защитного слоя в приповерхностной части волокна, а также повышение равновесного pH в растворе. При этом механические свойства волокна не ухудшаются.

Публикации студента - 20

Астафьева Ксения Игоревна Синтез и свойства композитов $LiFePO_4/C$ и катодных материалов на их основе

Руководитель - к.х.н., в.н.с. Метлин Ю.Г. (лаборатория неорганического материаловедения)



Фосфат лития-железа $LiFePO_4$ со структурой оливина привлекает интерес исследователей как перспективный катодный материал для перезаряжаемых литий-ионных батарей. Этот интерес обусловлен его высокой емкостью (170 мАч/г), низкой стоимостью реагентов и экологической безопасностью.

Здесь я научилась работать. Мне дали базу для дальнейшего развития в не только химии, но и в физике, расширили кругозор и привили интерес к исследовательской работе.

Существенным недостатком фосфата лития-железа является низкая электропроводность, затрудняющая диффузию ионов лития через границу раздела $LiFePO_4/FePO_4$. Для решения этой проблемы

возможны два подхода:

- повысить электронную проводимость покрывая частицы оливина электропроводящим слоем металла или углерода;

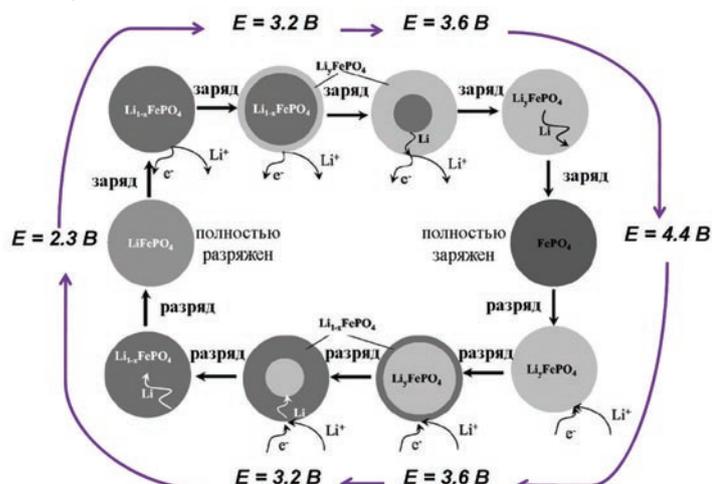
- сократить диффузионные пути для лития минимизируя размер частиц $LiFePO_4$.

Цель работы Ксении заключалась в разработке новых методов синтеза субмикронных порошков $LiFePO_4$ и композитов $LiFePO_4/углерод$, модификации материала для повышения его емкости при циклировании, а также установлении закономерностей транспортных процессов в катодном материале на основе $LiFePO_4$.

Порошки $LiFePO_4$ и $LiFePO_4/C$ получали двумя методами - темплатным методом и методом соосаждения. Источником углерода в темплатном методе служил

полистирол, а образцы, полученные методом соосаждения, покрывали полиакрилонитрилом с последующим его пиролизом. Для перевода всего трехвалентного железа в двухвалентное и пиролиза углерод-содержащих веществ образцы отжигали в восстановительной атмосфере (95% аргона и 5% водорода).

Образцы характеризовали методами РФА, СЭМ, БЭТ, мессбауэровской спектроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния. Полученные обоими методами однофазные порошки LiFePO_4 имели средний размер частиц около 70 нм и удельную площадь поверхности от 10 до 20 м²/г. Качество углеродного покрытия оказывает существенное влияние на электрохимические свойства композитов фосфат лития-железа/углерод. Состояние углерода оценивали с помощью спектроскопии комбинационного рассеяния. Согласно данным мессбауэровской спектроскопии Fe^{2+} находится только в одной кристаллографической позиции.



Макеты литиевых ячеек исследовали методом импеданс-спектроскопии. Впервые предложена эквивалентная электрическая схема, учитывающая реальный двухфазный механизм интеркаляции/деинтеркаляции лития в структуру фосфата. Коэффициенты диффузии лития в LiFePO_4 и FePO_4 рассчитывали как из данных импеданс-спектроскопии, так и циклических вольтамперограмм. Изучено также и электрохимическое поведение образцов. Емкость образцов составила порядка 60-100 мАч/г при плотности тока 20 мА/г.

Публикации студентки - 16

Вишняков Денис Алексеевич

Получение ориентированных структур на основе монодоменных частиц гексаферрита стронция

Руководитель - д.х.н., проф. Казин П.Е. (лаборатория неорганического материаловедения)



Магнитотвердые гексаферриты характеризуются высокими величинами константы магнитокристаллической анизотропии и коэрцитивной силы.

Одна из основных физических характеристик магнитных материалов, коэрцитивная сила, достигает максимума при монодоменных размерах частиц. Размер

монодоменности в значительной степени зависит от формы частицы. Для гексаферрита стронция ($\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$) размер монодоменности составляет 500-700 нм. Частицы гексаферрита, как строительные блоки имеют уникальный набор свойств. Это - пластинчатая форма, одна ось легкого намагничивания и высокая магнитокристаллическая анизотропия, которая приводит к жесткой связи направления магнитного момента относительно частицы.

Цель работы Дениса – отработка метода получения ориентированных структур из монодоменных частиц гексаферрита стронция и исследование влияния микроморфологии частиц на магнитные характеристики полученных материалов.

Для получения порошков гексаферрита стронция и ориентированных структур на их основе разработан поэтапный синтез. В качестве исходных реагентов выступали Fe_2O_3 , SrCO_3 , H_3BO_3 , а также Al_2O_3 . Их плавил, после чего быстро закачивали для получения аморфного прекурсора. Для кристаллизации частиц гексаферрита с различной морфологией прекурсоры подвергали различным режимам термической обработки, в результате чего образовывалась стеклокерамика. После растворения матрицы получали частицы гексаферрита стронция, которые ориентировали приложением внешнего магнитного поля и фиксировали полимером (ПММА).

Материалы исследовали методами рентгеновской дифракции и оптической микроскопии, а также измеряли их магнитные характеристики. Образец, полученный из стеклокерамики состава $\text{SrFe}_{11}\text{AlO}_{19} + 12\text{Sr}_2\text{B}_2\text{O}_5$, характеризуется рекордной для данных материалов величиной коэрцитивной силы – 10 кЭ, а отношение величин остаточной намагниченности к намагниченности насыщения (т.н. прямоугльность петли магнитного гистерезиса) составила $\approx 0,83$ при измерении вдоль оси легкого намагничивания.

Публикации студента - 20

Попело Анастасия Владимировна

Синтез и оптические свойства коллоидных нанокристаллов типа ядро/оболочка CdSe/CdS

Руководитель - к.х.н., доц. Васильев Р.Б. (лаборатория химии и физики полупроводниковых и сенсорных материалов)

Коллоидные квантовые точки – полупроводниковые нанокристаллы, в оптических и электронных свойствах которых проявляются квантово-размерные эффекты. Уникальное сочетание физических свойств делает квантовые точки перспективным материалом для использования в оптоэлектронных устройствах.

Цель работы Насти - разработка методик синтеза и исследование оптических свойств коллоидных квантовых точек типа ядро/оболочка CdSe/CdS в зависимости от толщины оболочки. Основными задачами работы были: разработка методик синтеза коллоидных квантовых точек CdSe/CdS; исследование их фазового состава, морфологии и размеров; определение молярных коэффициентов экстинкции; изучение влияния характеристик оболочки CdS на оптические свойства квантовых точек.

Квантовые точки CdSe/CdS с размером в диапазоне 3-10 нм получали методом высокотемпературного коллоидного синтеза с использованием олеиновой кислоты как стабилизатора. Полученные образцы характеризовали методами просвечивающей электронной микроскопии, рентгеновской дифракции, локального



Два года магистратуры ФНМ время сложное, но вместе с тем замечательное. Это прекрасная возможность реализовать свой исследовательский потенциал, поучиться у лучших учёных и специалистов. Хочется теперь уже родному факультету пожелать научных открытий, процветания и талантливых студентов!

рентгеноспектрального анализа, оптической спектроскопии поглощения и люминесценции, конфокальной микроскопии.

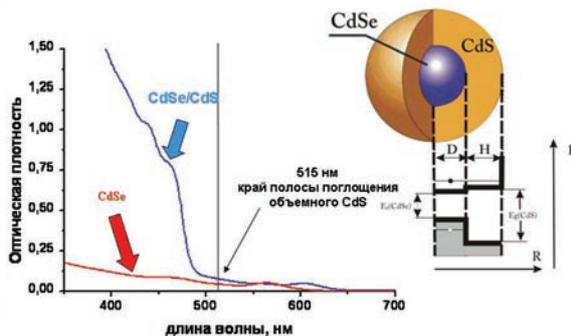
В результате удалось получить коллоидные квантовые точки типа ядро/оболочка CdSe/CdS пирамидальной формы с толщиной оболочки до 5 монослоев CdS. Данные рентгеновской дифракции указывают на механизм эпитаксиального роста оболочки. В работе найдена зависимость спектрального положения максимумов поглощения и люминесценции в зависимости от толщины оболочки и установлено, что нанокристаллы CdSe/CdS обладают высоким (до 50%) квантовым выходом, причем способ получения влияет на его величину и фотостабильность. Также в

работе впервые определены молярные коэффициенты экстинкции для первого экситонного максимума поглощения $6 \cdot 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ см}^{-1}$ и на длинах волн УФ диапазона, составляющие порядка $10^8 \text{ M}^{-1} \text{ см}^{-1}$, что позволяет рассматривать данные коллоидные квантовые точки как эффективные сенситизаторы для солнечных батарей.

Публикации студентки - 12



Синтез и оптические свойства нанокристаллов типа ядро/оболочка CdSe/CdS



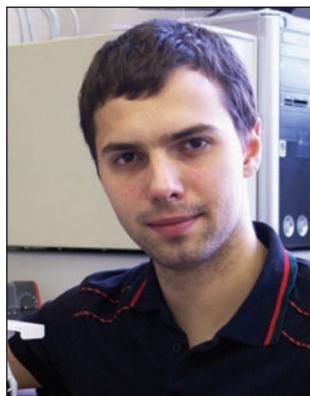
Семенов Дмитрий Александрович Электродные материалы для литий-воздушных аккумуляторов

Руководитель - к.х.н., м.н.с. Иткис Д.М. (лаборатория неорганического материаловедения)

Наиболее востребованными сегодня устройствами хранения электроэнергии являются литий-ионные элементы питания (ЛИЭП). Однако разработка новейших устройств портативной электроники, а также

экологические проблемы, решение которых требует перехода на электротранспорт, требуют создания устройств хранения электроэнергии со значительно большей удельной емкостью энергии и невысокой рыночной стоимостью. Таким типом аккумуляторов весьма вероятно могут стать литий-воздушные элементы питания (ЛВЭП), главной особенностью которых является использование кислорода воздуха в качестве окислителя. В данном типе элементов питания возможно достичь плотностей энергии в 5–10 раз больше по сравнению с литий-ионными аккумуляторами.

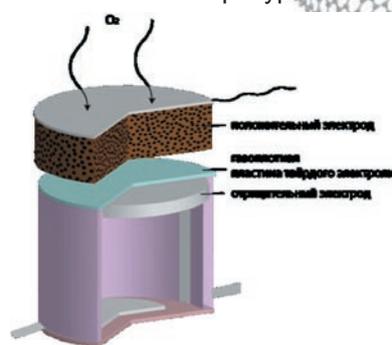
Удельные характеристики ЛВЭП, эффективность их



ФНМ воспитывает лучших специалистов в области химии, физики и механики материалов, а так же предоставляет полную свободу для реализации своего потенциала в стенах факультета и университета в целом!

перезарядки и стабильность при циклировании во многом определяются материалом положительного электрода. Было показано, что введение в катодный материал специфических катализаторов заметно улучшает свойства ЛВЭП. В работе Дмитрия разработаны методы синтеза анизотропных нанокристаллов V_2O_5 и MnO_2 , обладающих смешанной электронно-ионной проводимостью и электрокаталитической активностью. Катоды для литий-воздушных аккумуляторов готовили на основе композитов активированного угля (95 масс. %) и разработанных катализаторов (5 масс. %). Для их испытания в литий-воздушных ячейках в работе решена проблема защиты металлического лития от взаимодействия с кислородом и влагой, проникающими в ячейку. Для этого предложена герметичная упаковка литиевой фольги в газонепроницаемые твердые стеклокерамические электролиты состава $\text{Li}_{1+x}\text{M}_x\text{X}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$, где M – Al, Ga, а X – Ti или Ge, а так же в литийпроводящие композиты на основе наночастиц TiO_2 , легированных алюминием и литием. Полученные электролиты имеют проводимость более 10^{-4} См/см при комнатной температуре и 10^{-6} См/см при -30°C .

На основе созданных электродов сконструированы прототипы ЛВЭП. Показано, что предложенные катализаторы позволяют обратимо циклировать литий-воздушные аккумуляторы в диапазоне потенциалов 2–4.3В. Катоды на основе наностержней V_2O_5 продемонстрировали обратимую емкость $\sim 2500 \text{ мАч/г}$, а составы с наностержнями $\alpha\text{-MnO}_2$ – более 3000 мАч/г на протяжении 10 циклов.



На основе созданных электродов сконструированы прототипы ЛВЭП. Показано, что предложенные катализаторы позволяют обратимо циклировать литий-воздушные аккумуляторы в диапазоне потенциалов 2–4.3В. Катоды на основе

наностержней V_2O_5 продемонстрировали обратимую емкость $\sim 2500 \text{ мАч/г}$, а составы с наностержнями $\alpha\text{-MnO}_2$ – более 3000 мАч/г на протяжении 10 циклов.

Публикации студента – 8

НАНОМЕТР: 119992, Москва, Ленинские Горы, ФНМ МГУ им. М.В.Ломоносова, тел. (495)-939-20-74, факс (495)-939-09-98, yudt@inorg.chem.msu.ru (акад. РАН Ю.Д.Третьяков, главный редактор), metlin@inorg.chem.msu.ru (в.н.с. Ю.Г.Метлин, отв. редактор), goodilin@inorg.chem.msu.ru (проф. Е.А.Гудилин, пресс-центр), petukhov@inorg.chem.msu.ru Д. И. Петухов (ст. ФНМ, верстка)