

Защиты кандидатских диссертаций на ФНМ

Традиционно в конце года наш бюллетень публикует отчет декана факультета. Этот отчет охватывает все стороны жизни факультета, в том числе и основные направления научной работы. Однако ограниченный объем «Нанометра» не позволяет дать читателю полное представление о проводимых на факультете исследованиях. Не секрет, что большинство результатов этих исследований получено руками аспирантов и студентов. Апрель – месяц, в котором заканчивается трехлетний срок обучения в аспирантуре, и все наши аспиранты вовремя представили диссертации на рассмотрение Ученых советов. В этом выпуске мы решили познакомить вас с результатами завершённых исследований.

Бойцова Ольга Владимировна

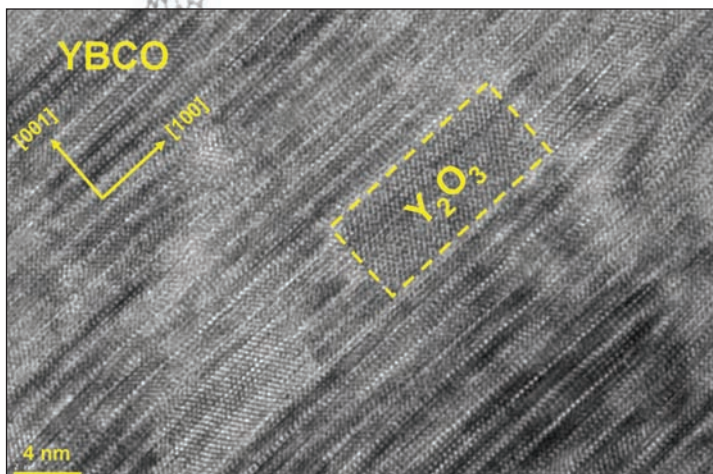
«Синтез, структура и свойства тонкопленочных наноконпозитов на основе сверхпроводника $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ » (специальность – «химия твердого тела»). Работа выполнена на Факультете наук о материалах и в лаборатории химии координационных соединений кафедры неорганической химии Химического факультета МГУ под руководством профессора А.Р. Кауля.

Последние 5 лет уже столетней истории развития сверхпроводимости ознаменовались освоением технологии длиномерных проводников, в которых токонесущим сверхпроводящим слоем является тонкая пленка высокотемпературного сверхпроводника $YBa_2Cu_3O_{7-x}$. Эти материалы, получившие название



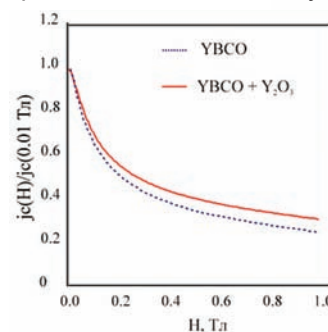
ВТСП-проводов второго поколения, представляют огромный интерес для электротехники и электроэнергетики, поскольку уже доказали свою эффективность при передаче

электроэнергии по сверхпроводящим кабелям, при создании моторов, генераторов, токоограничителей и другого электротехнического оборудования. Создание длиномерных сверхпроводящих кабелей, нацеленное на различные практические применения, требует высокого качества сверхпроводящего слоя, характеризующегося не только высокой плотностью критического тока, но и его устойчивостью во внешних магнитных полях.



Таким образом, проблема повышения токонесущих характеристик сверхпроводника, затронутая в работе О.В. Бойцовой, весьма актуальна.

В работе О.Бойцовой разработано оптимизированное МOCVD-синтез тонких плёнок $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ высокого текстурного совершенства, содержащих различные эпитаксиальные включения нанометрового размера. Впервые в качестве пиннингующих включений в сверхпроводящем пленочном композите, полученном методом химического осаждения из пара, использован $BaCeO_3$. Помимо нововведений при синтезе, получены интересные результаты исследования тонкопленочных композитов. Показано, что включения всех изученных видов находятся внутри матрицы в напряженном состоянии, причем эти напряжения возникают в результате сжатия сверхпроводящей матрицы вдоль c -направления при ее насыщении кислородом. Объяснен механизм подавления a -ориентированных кристаллитов $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ в c -ориентированной матрице сверхпроводника при введении включений Y_2O_3 . Установлены оптимальные количества включений, необходимые для эффективного повышения плотности критического тока и его устойчивости в магнитных полях.



Полученные в работе результаты важны для дальнейшего развития технологий сверхпроводниковых лент 2-го поколения, подразумевающего применение разработанных материаловедческих подходов к получению длиномерных сверхпроводящих лент в условиях непрерывной перематки

Научная значимость работы аспирантки подтверждается высокими призовыми местами на конкурсе «Молодые таланты» в рамках Инновационного форума Росатома (2008), Общероссийском конкурсе молодежных исследовательских проектов в области энергетики «Энергия молодости» фонда «Глобальная энергия» (2008) и конкурсе работ молодых ученых в рамках 2-го Международного форума «РОСНАНО» по нанотехнологиям. Доклад Бойцовой О.В. на международном материаловедческом конгрессе был удостоен премии «EMRS Graduate Student Award», традиционно вручаемой за лучшие аспирантские работы.

В 2009 г. Бойцовой О.В. была присуждена стипендия МГУ им. М.В. Ломоносова для молодых ученых и талантливых преподавателей, по результатам выступления на конференции молодых ученых Ломоносов-2008 премия в рамках программы «У.М.Н.И.К.». Результаты научной работы Бойцовой О.В. отражены в 9 статьях по теме диссертации.

Овчинникова Наталья Сергеевна

«Органические производные фуллерена C_{60} и трифторметилфуллеренов C_{70} , перспективные для применения в медицине и технике» (специальности – «физическая химия» и «органическая химия»). Работа выполнена в лаборатории термохимии кафедры физической химии химического факультета МГУ под руководством доцента А.А. Горюнова и профессора М.А. Юровской

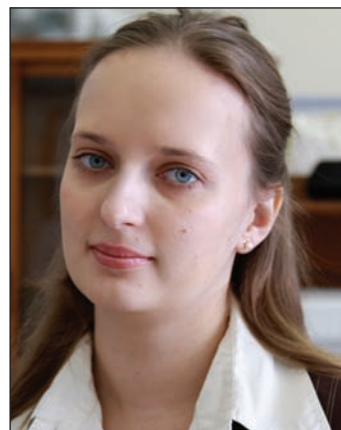
Исследования фуллеренов и их производных за последние 20 лет продемонстрировали широкие перспективы применения этих соединений в различных областях медицины и техники. Ярко выраженные электроноакцепторные свойства фуллеренов используются для создания на их основе донорно-акцепторных систем, в которых под действием света происходит внутримолекулярный электронный переход и эффективное разделение зарядов. Фуллерены и их производные являются органическими полупроводниками n-типа, и к настоящему моменту известны примеры их использования в органических солнечных батареях с КПД, достигающим 5.5 %. Одним из подходов к дальнейшему развитию органической фотовольтаики может стать поиск альтернативных электроноакцепторных производных фуллеренов. Интересным для изучения с этой точки зрения классом производных фуллеренов являются трифторметилфуллерены (ТФМФ), в которых в большинстве случаев введение фторсодержащих аддендов к фуллереновому каркасу приводит к увеличению сродства к электрону и, соответственно, электроноакцепторных свойств.

В работе Н. Овчинниковой впервые осуществлена химическая модификация по реакции Бингеля индивидуальных изомеров ТМФМ C_{70} на примере $C_{1-p^7mp-C_{70}(CF_{3/10})_n}$ и $C_{s-p^7-C_{70}(CF_{3/8})_n}$. Определена структура $C_{70}(CF_{3/10})_n[C(COOEt)_2]_m$ (РСА, синхротронное излучение). Экспериментально показано и обосновано с привлечением теоретических расчетов, что мотив расположения групп CF_3 в $C_{1-p^7mp-C_{70}(CF_{3/10})_n}$ обеспечивает региоселективность протекания реакции циклопропанирования. Установлено, что реакция Бингеля с $C_{s-p^7-C_{70}(CF_{3/8})_n}$ приводит к образованию двух изомеров моноаддукта $C_{70}(CF_{3/8})_n[C(COOEt)_2]_m$ и одного изомера бисаддукта $C_{70}(CF_{3/8})_n[C(COOEt)_2]_2$. С использованием теоретических расчетов методом функционала плотности показано, что образовавшиеся в ходе реакции соединения лежат по энергии несколько выше наиболее энергетически предпочтительных изомеров. Другим перспективным направлением исследований фуллеренов и их производных является поиск биологически активных соединений, перспективных для разработки лекарственных средств. К настоящему времени известны производные фуллеренов, обладающие высокой противовирусной, антиоксидантной, фотодинамической активностью. Активно ведется поиск новых биологически активных производных и развиваются исследования их токсичности. Кроме того, биология и медицина представляют собой широчайшие области, где востребована разработка и применение синтетических полимерных наноструктурированных материалов,

например, для создания имплантов, трансдермальных лекарственных и перевязочных средств. Принципиально новым и перспективным направлением в данной области является использование органических производных фуллеренов для конструирования таких материалов. Среди синтезированных по реакции Прато и с использованием нового метода — $LiClO_4$ -катализируемого 1,3-диполярного циклоприсоединения азометинилидов — фуллеропирролидинов с фрагментами хинолина, индола, пиридина, замещенных пиперидинов и пространственно-затрудненного фенола найдены соединения, обладающие анти-ВИЧ и антиоксидантной активностью. Разработана методика создания принципиально новых материалов, обладающих антимикробной активностью, на основе полиэтилентерефталата с наноструктурированной поверхностью и фуллеропирролидинов с фрагментами индола и хинолина.

По материалам диссертации опубликовано 20 печатных работ, из них 9 статей в научных журналах, 1 российский патент и 10 тезисов докладов на научных конференциях. Наташа Овчинникова – обладательница гранта по программе У.М.Н.И.К. и в течение трех лет получала индивидуальную стипендию им. Леонарда Эйлера.

Ирина Валерьевна Колесник

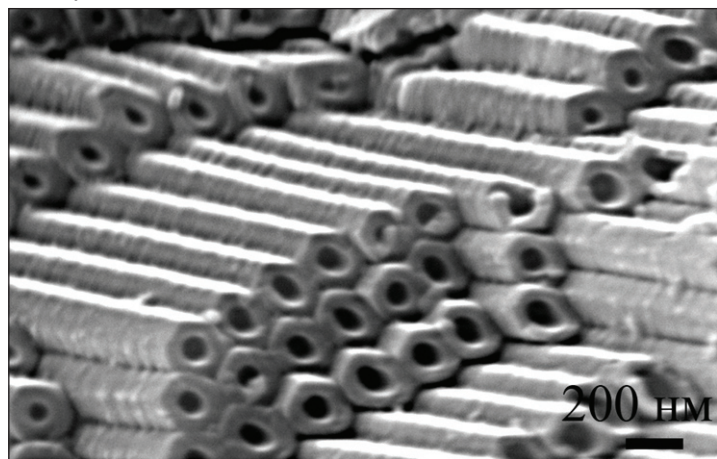


«Мезопористые материалы на основе диоксида» Диссертация защищена по двум специальностям – «химия твёрдого тела» и «неорганическая химия». Научные руководители: академик РАН Ю.Д. Третьяков и д.х.н. А.В. Лукашин. Работа выполнена на Факультете наук о неорганического материаловедения кафедры неорганической химии Химического факультета МГУ.

Интерес к материалам на основе диоксида титана обусловлен в частности их широким практическим применением, в качестве пигмента белого цвета, как катализатора (носителя для катализаторов). Важнейшими параметрами, определяющими функциональные свойства каталитически активных материалов на основе диоксида титана, являются их микроструктура, кристалличность и фазовый состав. Поэтому диссертационная работа И.В. Колесник была направлена на развитие методов контроля пористой структуры диоксида титана, при этом основное внимание было уделено мезопористым материалам, обладающим большим потенциалом применения в катализе.

Для контроля пористой структуры диоксида титана было использовано два подхода. Первый подход был связан с электрохимическим окислением металлического титана во фторсодержащих электролитах. Он позволяет получать пористые пленки оксида титана, обладающие уникальной микроструктурой, состоящей из одинаковых по размерам цилиндрических пор, ориентированных перпендикулярно по отношению к плоскости подложки. С практической точки зрения пористый диоксид титана, полученный методом анодного окисления, является перспективным материалом для создания керамических мембран и мембранных катализаторов. Достоинством мембран на основе оксида титана по сравнению с обычными мембранами, полученными спеканием порошков, является меньшая извилистость пор,

благодаря чему обеспечивается исключительно высокая газопроницаемость.



Скол пленки пористого анодного TiO_2

Следует отметить, что для практического использования пористых пленок анодного оксида титана необходимо добиться достаточно высокой механической прочности. В связи с этим, в рамках диссертационной работы был изучен механизм образования таких пленок и предложен оптимизированный метод их синтеза. Этот подход позволил синтезировать мембраны, выдерживающие перепад давлений 0,6 атмосферы, и впервые измерить их газопроницаемость.

Другим методом получения пористого оксида титана с контролируемым размером пор, развитым в работе, является темплатный синтез. Он заключается в проведении гидролиза титаносодержащих прекурсоров в присутствии поверхностно-активных веществ. К его достоинствам следует отнести возможность синтеза материалов с высокой удельной площадью поверхности и нанокристаллическими стенками пор.

В рамках диссертационной работы исследована фотокаталитическая активность мезопористого оксида титана в модельной реакции деградации метилового оранжевого. Кроме того, были разработаны подходы к синтезу золотосодержащих каталитически активных нанокомпозитов, обладающих значительной активностью и селективностью в реакции окисления водорода в присутствии CO . Так, использование аммиачного комплекса золота позволило впервые провести его совместное осаждение с ионами серебра из водного раствора. Было показано, что полученный в результате восстановления катализатор обладает 100% селективностью по отношению к окислению CO в присутствии водорода.

Лев Артёмович Трусов

«Синтез из оксидных стёкол и свойства субмикронаночастиц гексаферрита стронция» (специальность - «химия твёрдого тела»).



Работа выполнена на Факультете наук о материалах и в лаборатории неорганического материаловедения кафедры неорганической химии Химического факультета МГУ под руководством профессора П.Е. Казина.

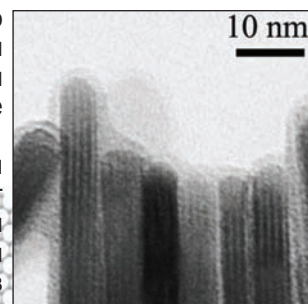
Магнитотвёрдые гексаферриты $\text{MFe}_{12}\text{O}_{19}$ ($\text{M} = \text{Ba}, \text{Sr}$) применяются в промышленности для

изготовления постоянных магнитов. Они характеризуются сильной одноосной магнитокристаллической анизотропией, которая обеспечивает высокие величины коэрцитивной силы материала. Низкая стоимость и доступность сырья позволяют гексаферритам конкурировать с более современными неодимовыми магнитами и занимать соответствующую бюджетную нишу на рынке. Кроме того, наночастицы гексаферритов перспективны для создания элементов микроволновых устройств, работающих на частотах от 1 до 100 ГГц и могут найти применение в носителях информации высокой плотности, магнитных композитах и наноструктурах, а также в области медицины.

Магнитные свойства материалов на основе гексаферритов в значительной мере определяются микроструктурой – размерами и формой частиц, а также характером их организации. Наибольший интерес представляет получение однодоменных частиц, имеющих размеры менее 500 нм, так как у таких частиц наблюдаются максимальные величины коэрцитивной силы. Однако большинство методик синтеза позволяет получать лишь спечённые агрегаты частиц, дальнейшее использование

которых ограничено только традиционными областями применения (керамика и магнитные порошковые наполнители).

Однодоменные частицы гексаферрита стронция могут быть успешно приготовлены при термической кристаллизации стёкол, состоящих из оксидов бора, стронция и железа. При таком подходе размеры образующихся частиц



Коллоидные частицы $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$

определяются режимом термообработки стекла, а сами частицы гексаферрита не спекаются, поскольку пространственно разделены боратной матрицей, которую можно впоследствии легко растворить. Работа Л.А. Трусова посвящена изучению особенностей формирования магнитной фазы в стёклах системы $\text{SrO-Fe}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$, исследованию влияния добавок оксида алюминия и получению феррожидкостей на основе частиц гексаферритов.

Наиболее важные результаты работы:

- определены общие закономерности формирования частиц $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ в боратных стёклах, что позволяет прогнозировать свойства материала исходя из состава стекла и условий обработки;

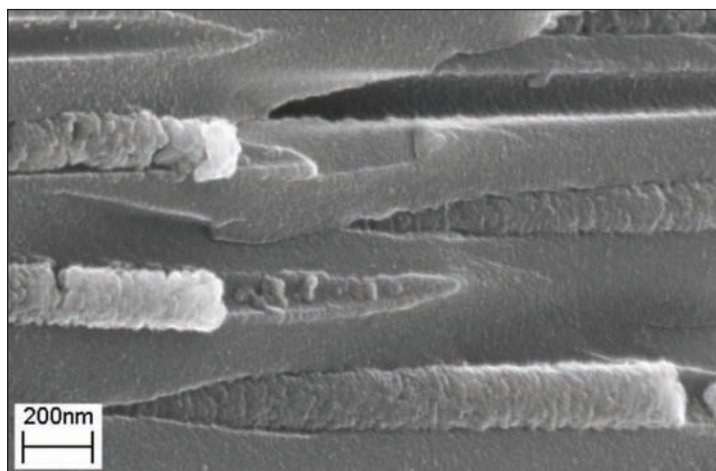
- синтезированы частицы гексаферритов с размерами 40-500 нм; впервые получены материалы на основе $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$, коэрцитивная сила которых достигает 12500 Э (такие материалы могут быть использованы для создания различного рода устройств, например, носителей информации с высокой надёжностью и плотностью записи);

- получены и описаны стабильные коллоидные системы (золи) на основе высококоэрцитивных пластинчатых частиц $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$, которые могут являться исходным материалом для создания магнитных плёнок и покрытий, а также наноструктур и композитов, а также использоваться в медицине; представляет интерес возможность манипулирования оптическими свойствами полученных коллоидов при помощи магнитного поля;

- впервые получены упорядоченные массивы нитей из наночастиц гексаферрита стронция длиной до 20 мкм и диаметром 200 нм (такие нити благодаря высокой коэрцитивной силе и упорядоченному вертикальному

расположению могут быть использованы для создания структурированного магнитного носителя для записи информации).

Трусов Л.А. является лауреатом стипендии МГУ молодым преподавателям и научным сотрудникам (2009), имеет 13 публикаций в российских и международных журналах, из которых 4 – по теме диссертации. По результатам работы получен патент РФ.



Нити из наночастиц $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$, сформировавшиеся в порах анодного оксида алюминия

Иткис Даниил Михайлович

“Высокодисперсные материалы на основе оксидов ванадия и марганца для литий-ионных и литий-воздушных химических источников тока” (специальность «химия твердого тела» и «электрохимия»).



Работа выполнена на Факультете наук о материалах и кафедре неорганической химии Химического факультета МГУ, а также в лаборатории процессов в химических источниках тока Института физической химии и электрохимии им. А.Н.Фrumкина под руководством: член-корр. РАН, профессора Е.А. Гудилина и профессора А.М. Скундина.

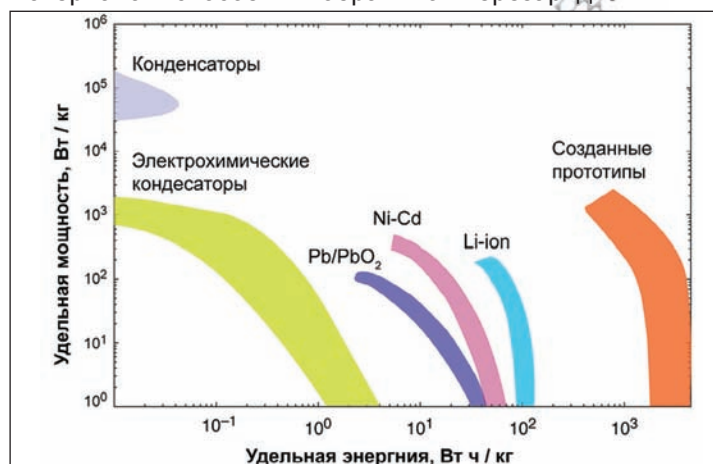
Основные характеристики литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторов, в первую очередь удельная энергия, существенно выше, чем у других видов вторичных ХИТ, однако бурное развитие рынка портативной электроники требует дальнейшего улучшения их свойств. Перспективными катодными материалами для таких ХИТ являются различные морфологические производные оксида ванадия (V). В их структуру можно внедрить более трех молей лития на моль оксида, что соответствует удельной энергии более 1 кВт·ч/кг и превышает аналогичные показатели

для коммерческих материалов (150–200 Вт·ч/кг). Создание новых анизотропных нанокристаллических и наноструктурированных материалов, которые обладают редким сочетанием высокой интеркаляционной емкости, развитой поверхности и стабильности при изменении объема кристаллической ячейки при циклировании, в подавляющем большинстве случаев приводит к заметному улучшению электрохимических характеристик и резкому повышению ресурса катодов на основе этих систем.

Развитие экологически чистого транспорта требует достижения еще более высоких величин удельной энергии и мощности. В связи с этим существенно возрос интерес к новому поколению литиевых химических источников тока – литий-воздушным аккумуляторам, использующим потенциалообразующую реакцию окисления лития кислородом воздуха. Основным преимуществом литий-воздушных элементов питания (ЛВЭП) является неограниченный запас окислителя во внешней среде и чрезвычайно высокие удельные емкости и энергии, на порядок превышающие таковые для коммерческих литий-ионных аккумуляторов при сохраняющихся высоких мощностях разряда и других эксплуатационных характеристиках. Анизотропные нанокристаллические материалы на основе диоксида марганца – дешевого и малотоксичного оксида, формирующего уникальные морфологические производные, активные в процессах электрокатализа и электрохимической интеркаляции, существенным образом повышают эффективность работы литий-воздушных аккумуляторов, делая потенциалообразующую реакцию обратимой.

В работе Д.М.Иткиса разработаны методы синтеза новых катодных материалов для литий-ионных аккумуляторов – наностержней, нанолент и наноситков ванадиевых бронз. Изучение процессов, протекающих при функционировании химических источников тока, использующих разработанные материалы, позволило предложить способы увеличения стабильности разработанных материалов при циклировании за счет подавления деградации катодных материалов на основе нанолент и наностержней ванадиевых бронз. Созданные электродные материалы продемонстрировали многократную перезарядку и удельную энергию более 1 кВт·ч на 1 грамм материала, что превосходит существующие коммерческие аналоги более чем в 5 раз.

Крайне высокие показатели продемонстрировали созданные в работе прототипы литий-воздушных аккумуляторов с катодами на основе анизотропных нанокристаллических диоксида марганца и пентаоксида ванадия. Такие аккумуляторы с «защитными» от воздействия атмосферных газов литиевыми анодами обладают емкостью более 2000 мАч на 1 грамм катодного материала и способны к обратимой перезарядке.

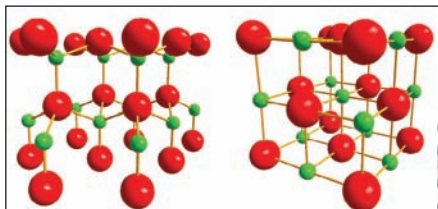


Петр Сергеевич Соколов

“Синтез кубической модификации оксида цинка и твердых растворов на её основе при высоких давлениях и температурах” (специальности «химия твердого тела» и «неорганическая химия»).

Работа выполнена в лаборатории неорганического материаловедения кафедры неорганической химии химфака МГУ и в лаборатории механических и термодинамических свойств материалов Национального центра научных исследований Франции (при финансовой поддержке правительства Франции). Научные руководители - ведущий научный сотрудник А.Н. Баранов и д.х.н. В.Л. Соложенко (LPMTM-CNRS);

Оксид цинка является перспективным материалом, обладающим технологически востребованными оптоэлектронными свойствами. Количество ежегодно выпускаемых публикаций по проблематике ZnO в научных журналах экспоненциально растет год от года. При атмосферном давлении ZnO кристаллизуется в структуре вюрцита (*w*-ZnO). Также известна кубическая модификация высокого давления со структурой каменной соли (*rs*-ZnO). Однако при снижении давления до атмосферного обычно происходит фазовый переход *rs*-ZnO → *w*-ZnO, и кубическую модификацию получить не удается.



Кристаллические решетки *w*-ZnO и *rs*-ZnO.

Хотя превращение оксида цинка в кубическую модификацию было зафиксировано почти 50 лет назад, ее свойства практически неизучены, поскольку исследователям так и не удалось

стабилизировать *rs*-ZnO при атмосферном давлении. Работа П. Соколова как раз и была направлена на разработку методик синтеза при высоком давлении оксида цинка в кристаллической модификации типа каменной соли и твердых растворов на её основе, изучении их свойств и термической стабильности при атмосферном давлении.

Ему впервые удалось получить новые полупроводниковые материалы на основе оксида цинка в кубической модификации, включая наноструктурированные.

Важнейшие результаты, полученные в работе, таковы:

- впервые синтезирован при высоких давлениях и температурах ряд кубических твердых растворов состава $Me_xZn_{1-x}O$ (где $Me^{II} = Ni^{2+}, Co^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}$) и $(LiMeO_2)_{1-x}(ZnO)_x$ (где $Me^{III} = Sc^{3+}, Ti^{3+}, Fe^{3+}, In^{3+}$) в широком диапазоне составов (вплоть до $x=0.8$) и изучены температурные границы их фазовой стабильности при атмосферном давлении;

- впервые закалкой от высоких давлений синтезирована однофазная кубическая модификация оксида цинка, кинетически стабильная при нормальных условиях; определена энтальпия обратного фазового превращения *rs*-ZnO → *w*-ZnO при атмосферном давлении.

- на основании собственных экспериментальных и расчетных данных проведен термодинамический анализ и построены изобарические сечения равновесной фазовой P-T-x диаграммы двойной системы FeO-ZnO в диапазоне давлений от 1 до 7 ГПа.

Полученные в работе результаты имеют как фундаментальный, так и практический интерес. Синтезированные в работе твердые растворы на основе оксида цинка с кубической структурой могут

рассматриваться как полупроводниковые материалы для применения в оптоэлектронных устройствах и преобразователях. При этом практический интерес может представлять сочетание люминесцентных, транспортных и магнитных свойств этих твердых растворов.

Соколов П.С. - неоднократный победитель научных конференций МГУ первое место на конференции «Ломоносов» в 2008 г. в секции «Фундаментальное материаловедение» и первое место на конференции «Ломоносов» в 2009 г. в секции «Физическая химия», был лауреатом стипендии Правительства РФ (2008 г.). Он имеет 8 публикаций в российских и международных журналах, из которых по теме диссертации - 3.

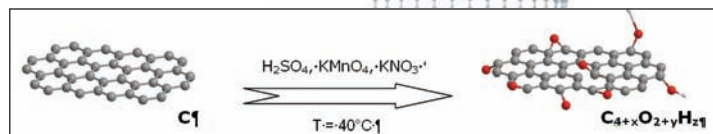
Дунаев Александр Вячеславович

«Слоистые углеродные матрицы с наночастицами металлов: получение и свойства» (специальность – «химия твердого тела»).

Работа выполнена на Факультете наук о материалах и кафедре химической технологии и новых материалов Химического факультета под руководством ведущего научного сотрудника И.В. Архангельского.

Углеродные материалы с нанесенными наночастицами металлов — эффективные катализаторы различных процессов. Для производства каталитических материалов чаще всего используют активированные угли и сажи, однако в последнее время ведутся интенсивные поиски альтернативных углеродных носителей, пригодных как для применения в классическом катализе, так и в новых областях, таких как топливные элементы, суперконденсаторы, литий-ионные батареи и т.д.

В последнее пятилетие все большее внимание исследователей начинает привлекать оксид графита (ОГ), высший продукт окисления графита, еще сохраняющий слоистую структуру. В оксиде графита углеродные слои деформированы за счет перехода атомов углерода из sp^2 - в sp^3 -гибридизованное состояние и содержат большое число кислородсодержащих функциональных групп. ОГ обладает способностью к образованию интеркалированных соединений, восстановление которых приводит к получению стабильных нанометровых металлических частиц. Немногочисленные работы, появившиеся в последние годы, свидетельствуют о том, что получаемые в ОГ частицы металла имеют размер 5-50 нм.



Модели слоев графена (слева) и оксида графена (справа).

В работе А.В. Дунаева впервые получен ряд соединений оксида графита с комплексами платины, железа и палладия и разработаны методы получения на их основе пористых углеродных материалов, содержащих частицы Pt, Pd, Fe_xO_y , PtFe размером от 2 до 200 нм, с площадью поверхности от 10 до 650 м²/г.

На базе экспериментальных данных предложены методы синтеза новых углеродных материалов, имеющих широкую область применения. Развитая удельная поверхность делает полученные материалы перспективными в качестве сорбентов углеводородов, высокоселективных мембран для разделения газовых смесей. Нанесение частиц оксидов железа на поверхность придает материалу магнитные свойства, что обуславливает возможность его применения для защиты от электромагнитного излучения, а нанесение частиц платины позволяет получать эффективный

каталитический материал, в частности для изготовления каталитических слоев низкотемпературных топливных элементов.

Дунаев А.В. – активный участник российских и международных научных конференций. Он имеет 2 публикации по теме диссертации в международных журналах. Практическая сторона работы нашла отражение в 2 патентах РФ.

Пичугин Николай Алексеевич

Разбавленные магнитные полупроводники на основе теллурида свинца, легированного хромом. Единственная в этом году диссертация, защищенная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук (специальность «физика конденсированного состояния»). Работа выполнена на Факультете наук о материалах и кафедре физики низких температур и сверхпроводимости Физического факультета МГУ под руководством профессора Е.П. Скипетрова.

В работе Николая Пичугина с помощью легирования, вариации состава твердых растворов и гидростатического сжатия легированных хромом сплавов на основе теллурида свинца продемонстрированы возможности достижения состояния со стабилизированным уровнем Ферми, в том числе, с низкими (близкими к собственной) концентрациями носителей заряда. Эти результаты могут быть использованы при разработке на основе этих материалов высокочувствительных датчиков магнитного поля, давления и инфракрасного излучения, обладающих высокой радиационной стойкостью параметров.

Обнаруженный в работе высокотемпературный ферромагнетизм сплавов на основе теллурида свинца, легированных хромом, с температурами Кюри, превышающими комнатную, а также определенные в работе параметры, характеризующие их магнитные свойства, могут быть использованы при разработке на основе этих материалов устройств спинтроники, в частности, при интеграции устройств спинтроники и оптоэлектроники с возможностями управления их параметрами с помощью внешних воздействий (магнитного поля, давления, инфракрасного излучения и др.).

Большаков Иван Александрович

Высокоэффективный микросенсор на основе берлинской лазури для определения пероксида водорода в биологических системах (специальность «аналитическая химия»). Работа выполнена на кафедре аналитической химии химического факультета МГУ под руководством профессора А.А. Карякина.

Современная биология и медицина уделяют большое внимание проблеме оксидативного стресса – процесса повреждения клетки в результате окисления. Причиной его возникновения является нарушение баланса между производством активных форм кислорода (АФК), наиболее известными и распространенными из которых являются собственно пероксид водорода H_2O_2 и радикал супероксида, и способности биологической системы к их нейтрализации. В настоящее время оксидативный стресс рассматривают как один из основных факторов риска развития таких заболеваний, как атеросклероз, болезнь Паркинсона, сердечная недостаточность, инфаркт миокарда, болезнь Альцгеймера, синдром хронической усталости, а также процессов старения. Пероксид водорода как мощный и достаточно устойчивый окислитель считается наиболее универсальным индикатором оксидативного стресса. Известно, что в человеческой крови его концентрация может достигать

30 мкМ.

В 1980-90х годах амперометрическое детектирование пероксида водорода проводили на платиновых электродах, позволявших определять H_2O_2 в диапазоне $2 \cdot 10^{-5}$ - $4 \cdot 10^{-2}$ М. Существенным недостатком метода является высокий окислительный потенциал индикаторного электрода (0.6-0.7 В), в результате чего на нем легко окисляется целый набор веществ, часто присутствующих в физиологических жидкостях, например, аскорбат, урат, парацетамол и т.д. В результате полностью маскируется сигнал рабочего электрода на анализируемое вещество.

В 1994 г. профессор Карякин А.А. впервые продемонстрировал, что амперометрическое детектирование на электродах, модифицированных берлинской лазурью, является перспективным подходом к слежению за концентрацией пероксида водорода. В настоящее время такие датчики как минимум на порядок превосходят лучшие из известных амперометрических систем по селективности и значению константы скорости гетерогенной электрохимической реакции, определяющей чувствительность анализа, которая при использовании макроэлектродов в проточно-инжекционной системе достигает $0.6-0.7 \text{ А} \cdot \text{л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$.

Дополнительное повышение чувствительности возможно лишь при использовании микроэлектродов, геометрические размеры которых меньше или сравнимы с толщиной диффузионного слоя у их поверхности. Для таких электродов уже не выполняется предположение, что диффузия реагирующих веществ и продуктов реакции в приэлектродном слое направлена только по нормали к поверхности электрода - происходит переход от планарной диффузии к полусферической.

В работе И. Большакова разработана уникальная конструкция амперометрического микросенсора на основе берлинской лазури, пригодного для определения пероксида водорода непосредственно в биологических объектах и функционирующего по двухэлектродной схеме, что существенно упрощает его имплантацию в живой организм. Внешний диаметр датчика с хлоридсеребряным электродом сравнения не превышает 1,2 мм. Разработанные микросенсоры были использованы для анализа различных объектов (ферменты, суспензии клеток, легкие мышей и морских свинок), предложен принципиально новый метод измерения генерации АФК с помощью пероксид-чувствительного микросенсора.



Результаты И. Большакова показывают, что использование микросенсоров, модифицированных берлинской лазурью, для определения пероксида

водорода весьма перспективно. За счет уменьшения размера электродов и перехода от планарной диффузии к полусферической удалось увеличить чувствительность амперометрического метода в полтора раза и понизить предел обнаружения пероксида водорода в десять раз. Соосно совмещенное расположение рабочего электрода и электрода сравнения, а также общее уменьшение размеров конструкции микросенсора позволяет проводить эксперименты в достаточно малых объемах анализа, что часто оказывается важным требованием при выборе аналитического метода. Микросенсоры могут быть имплантированы в организм для непрерывного мониторинга за концентрацией пероксида. Таким образом, предложен принципиально новый метод слежения за генерацией АФК.

Иван Большаков - победитель II Международного конкурса молодых ученых в области нанотехнологий (1 место), прошедшего в рамках Роснанофорума-2009, лауреат IV Московского международного конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития», имеет 4 публикации, из которых 3 - по теме диссертации.

Кузнецов Александр Викторович

«Физико-химические свойства газовой фазы при синтезе мочевины по реакции Базарова» (по специальности «физическая химия»).

Диссертация выполнена под руководством профессора Г.Ф. Воронина) в лаборатории химической термодинамики кафедры физической химии Химического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова в рамках инновационного сотрудничества Химического факультета МГУ и ООО УК «Уралхим».

Тема работы связана с созданием новой технологии промышленного получения карбамида – важнейшего продукта большой химии, состоящего практически полностью из мочевины, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. В основе синтеза лежит известная реакция Базарова – превращение аммиака и углекислого газа при повышенных температурах и давлениях в мочевины и воду.

Существующие технологии получения карбамида разработаны в 30-40-е годы прошлого века. По мнению специалистов они имеют ряд «узких» мест, которые приводят к излишним затратам энергии и снижению общей эффективности производства. Для модернизации действующих производств или разработки новых технологических схем на современном уровне необходимо, прежде всего, иметь детальное физико-химическое описание, модель процессов, происходящих на всех стадиях производства

Есть несколько публикаций, в которых аналогичные модели представлены. Но они ориентированы на уже используемые технологии. То же касается возможностей моделировать технологический процесс с помощью некоторых известных коммерческих программных комплексов, например Aspen+. Можно сказать, что это интерполяционные модели, которые не позволяют корректно прогнозировать свойства интересующей системы в условиях, отличающихся от тех, которые использовались при их создании.

Из-за сложности рассматриваемой гетерогенной системы и специфических свойств каждой из фаз, составляющих «плав синтеза карбамида» (так принято у технологов называть эту двухфазную систему), целесообразно было анализировать и моделировать газовые и жидкие растворы отдельно.

Работа А.В. Кузнецова посвящена преимущественно термодинамическим, квантово-химическим и статистическим расчетам свойств газовой фазы.

В результате расчетов методами квантовой химии и статистической термодинамики в этой работе впервые

- непосредственно учтена возможность существования ангармонических колебаний в спектре свободных молекул мочевины;

- определена величина энтальпии образования этих молекул, исходя из нулевых энергий молекул мочевины, азота, водорода и кислорода;

- корректно определена вращательная составляющая статистической суммы энтропии мочевины в газе. В итоге составлены таблицы термодинамических свойств мочевины в состоянии идеального газа.

С помощью термодинамических расчетов и результатов квантово-химических и статистических вычислений, доказано, что количества мочевины и продуктов побочных реакций: HNCO , $(\text{NH}_2\text{CO})_2\text{NH}$, NH_2COOH в газовой фазе «плава синтеза карбамида» пренебрежимо малы, а для биурета $((\text{NH}_2\text{CO})_2\text{NH})$ эти выводы подтверждены экспериментально. Выведены уравнения состояния, описывающие объемные свойства рассматриваемой системы с погрешностями, которые существенно, от ~ 3 до нескольких десятков раз, меньше погрешностей, получающихся при использовании для этой системы других известных уравнений состояния

Полученные в работе результаты имеют как фундаментальный, так и практический интерес. Они могут быть использованы при разработке новых технологий получения карбамида на предприятиях, производящих это удобрение, например, ОАО «Азот» (г. Березники) и других.

Выступления Александра Кузнецова неоднократно были отмечены на конференции «Ломоносов»: в 2008 г. в секции «Физическая химия 1», в 2009 г. в секции «Физическая химия 2». Он удостоен диплома XVII Международной конференции по химической термодинамике - RCCT 2009 за лучшее сообщение молодых учёных, опубликовал 9 статей в российских и международных журналах. 3 - по теме диссертации.

Итоги ежегодной конференции «Ломоносов-2010»

В рамках Международной конференции «Ломоносов-2010» 12-15 апреля 2010 г. работала секция «Фундаментальное материаловедение и наноматериалы», организованная ФНМ МГУ. Сессия проводилась в стендовой форме, доклады оценивались комиссиями, включающими ведущих специалистов в области неорганической химии и материаловедения – сотрудников химического факультета и ФНМ МГУ. Доклады были подразделены на три секции в соответствии с возрастом участников:

- младшие курсы (1-3 курс) – 45 стендовых докладов;

- старшие курсы (4-6 курс) – 69 стендовых докладов;

- аспиранты и молодые ученые – 81 стендовый доклад.

Наряду со студентами и аспирантами химического факультета и ФНМ МГУ в работе секции приняли участие представители Южного федерального университета, Якутского государственного университета им. М.К. Аммосова, Казанского государственного технологического университета, Удмуртского государственного университета, Воронежского государственного университета, Кемеровского государственного университета, МИТХТ, БГТУ им. В.Г. Шухова, МИСиС, Ивановского государственного университета, Томского политехнического университета,

Томского государственного университета, Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана, Тамбовского государственного университета имени Г.Р. Державина, Казахского Национального университета имени аль-Фараби, Сибирского федерального университета, Киевского Национального Университета имени Тараса Шевченко, Белгородского государственного университета, Санкт-Петербургского государственного университета, Липецкого государственного технического университета, Алтайского государственного университета, Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева, Института тепло- и массообмена им. Лыкова НАН Беларуси, Кузбасского государственного технического университета, Орловского государственного университета, Института нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева РАН.

Члены жюри отметили высокий уровень представленных докладов и определили победителей и дипломантов конференции, ими стали:

1 курс - Калякина Алена Сергеевна (ФНМ МГУ)

Новый подход к нанесению тонких пленок ароматических карбоксилатов РЗЭ

2 курс - Елисеев Артем Анатольевич (ФНМ МГУ)

Изучение вкладов эффектов магнетосопротивления в стеклокерамике на основе манганита лантана-стронция.

3 курс - Гришина Диана Александровна (Физический ф-т МГУ)

Изучение спиновых центров в нанокристаллическом кремнии.

6 курс - Абрамова Вера Владимировна (ФНМ МГУ)

Особенности структуры опаловых фотонных кристаллов

Аспиранты - Макаревич Артем Михайлович (ФНМ МГУ)

Химические подходы к нанесению тонкопленочных гетероструктур на основе фторидов ЩЗЭ

Большаков Иван Александрович (ФНМ МГУ)

Микросенсор на основе берлинской лазури для определения пероксида водорода в биологических объектах.

Заседание секции «Фундаментальное материаловедение» ежегодной научной конференции «Ломоносовские чтения-2010» состоялось 17 апреля 2010 г. С блестящим докладом на тему «Новые подходы в фторполимерном материаловедении» выступил академик РАН профессор В.М. Бузник. В программу также вошли краткие сообщения студентов и аспирантов – победителей стендовой сессии «Фундаментальное материаловедение и наноматериалы» конференции «Ломоносов-2010». На заседании присутствовали преподаватели, научные сотрудники, аспиранты и студенты химического факультета и ФНМ МГУ.

Юбилей академика К.А. Солнцева



Константин Александрович - выпускник Московского института тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова по специальности «Технология специальных материалов электронной техники». Ныне он – академик, крупный ученый в области химии и технологии керамических материалов, а также неорганической химии бора и других легких элементов.

Константин Александрович создатель фундаментального направления - «Окислительное конструирование тонкостенной керамики», в рамках которого под его руководством разработана и реализована на практике новая технология изготовления каталитических преобразователей. Уникальный метод, защищенный международными патентами, позволяет получать керамические носители катализаторов в форме блоков, похожих на соты с тысячами отверстиями на квадратном дюйме при толщине стенок 50 мкм. Технология позволяет также производить керамические газовые фильтры с рабочей температурой до 1200-1400°C, керамические жидкостные фильтры с заданным (в пределах от 0,4 до 20 мк) размером пор, керамические теплообменники и др.

Помимо этого при участии К.А. Солнцева выполнен цикл комплексных исследований нового класса соединений полиэдрических гидридных соединений бора, в результате чего удалось синтезировать более двухсот новых соединений, значительная часть которых используется для получения борной керамики и волоконистых материалов на основе карбида бора для спецтехники.

Лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники академик К.А. Солнцев является заместителем президента РАН - управляющим делами РАН, членом Бюро Отделения химии и наук о материалах РАН, директором одного из самых больших академических институтов - Института металлургии и материаловедения РАН. Огромная занятость не мешает Константину Александровичу уделять внимание нашему факультету - под его руководством в рамках Федеральных целевых программ проводятся совместные научные исследования в области био- и наноматериалов, на базе руководимого им Института и Факультета наук о материалах создан Учебно-научный центр по конструкционному материаловедению, где наши студенты проходят учебно-научную практику, выполняют курсовые и дипломные работы. Он принимает активное участие в работе Государственной аттестационной комиссии ФНМ МГУ.

Хочется особо отметить контактность, доброжелательность и отзывчивость Константина Александровича по отношению к нашим сотрудникам. Весь коллектив Факультета наук о материалах МГУ желает ему крепкого здоровья, счастья и надеется на дальнейшее плодотворное сотрудничество!

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)