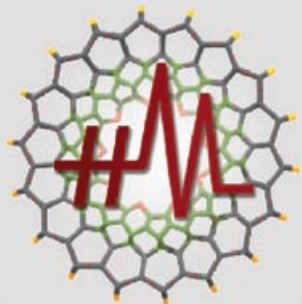




Информационный бюллетень ФНМ

Выходит в свет наноазбука



В конце ноября 2007 г. выходит в свет научно-популярная книга "Нанотехнологии. Азбука для всех", подготовленная коллективом авторов Факультета наук о материалах, Химического факультета МГУ и ИОНХ РАН. Книгу выпускает издательство "Физматлит" первым тиражом несколько тысяч экземпляров (по достаточно доступной цене).

Книга содержит более 120 статей - терминов в области наноматериалов и нанотехнологий. Это том в твердом переплете из 360 страниц. Разумеется, "азбука" не представляет собой энциклопедию или строгий учебник, это не было самоцелью. Скорее, это увлекательная книга для тех, кто только начинает знакомиться с наноматериалами и нанотехнологиями, с основными, прописными, "азбучными" понятиями. Она будет полезна для школьников и их родителей, если только последние не являются выдающимися нанотехнологами современности. А вот специалистам ее читать категорически воспрещается из-за их привычки простое делать сложным и бороться даже с разумными упрощениями и аллегориями!

Для контактов по оптовой закупке обращаться в редакцию или по адресу электронной почты support@nanometer.ru (для к.х.н. Андрея Анатольевича Елисеева).

Фестиваль науки



С 19 по 21 октября в МГУ им. Ломоносова, а также на 30 площадках в ВУЗах и музеях Москвы проходил второй Фестиваль науки, в котором приняли около 40 ведущих научных организаций и высших учебных заведений Москвы. На фестивале были представлены наиболее выдающиеся достижения в области

нанотехнологий, роботостроения, автомобилестроения, психологии и информатики. Центральной площадкой фестиваля стал Интеллектуальный центр — Фундаментальная библиотека МГУ. Здесь состоялось открытие фестиваля, прошли лекции ведущих ученых — профессоров разных вузов Москвы, академиков РАН, сотрудников научных учреждений. Всего на фестивале было задействовано около 30 площадок - столичные вузы, научные учреждения, музеи столицы, факультеты МГУ...

Это были три дня, которые если и не потрясли мир, то точно потрясли Москву (в самом хорошем смысле этого слова). Около и внутри здания Фундаментальной библиотеки МГУ были замечены огромные толпы школьников (и не только), желавшие (и попавшие) в храм науки. На выставке фотографий организованной сотрудниками ФНМ шло активное голосование (со всеми присущими для голосования атрибутами, например, урной-ветераном, которая широко использовалась для аналогичных целей при защите докторских диссертаций и даже при выборах Ректора МГУ). Сам ректор, академик В.А.Садовничий также назвал наиболее понравившуюся ему фотографию, и его голос был учтен наравне со всеми остальными. Результаты конкурса представлены в статье, помещенной ниже.

Своими впечатлениями о фестивале редакция попросила поделиться студентов Факультета наук о материалах МГУ.

«Представитель компании НТ МДТ рассказал о проекте «Нанофаб». Нанофабрика представляет



Студенты ФНМ МГУ перед стендом выставки-конкурса научной фотографии

собой сеть соединённых между собой многомодульных кластеров, в которых поддерживается сверхвысокий вакуум. Работа нанофабрики похожа на конвейер. Сначала оператор закрепляет полупроводниковую пластину на подложкодержателе. Затем процесс идёт автоматически. Пластина попадает в первый кластер, где происходит молекулярно-лучевая эпитаксия и проверка её качества. После этого следует второй кластер, где осуществляется литография. Затем пластина проходит остальные кластеры и на выходе получается интегральная микросхема или наноструктура. На сегодняшний день созданы два кластера, всего же их должно быть около десяти. Кроме того, нанофабрика будет расположена рядом с синхротроном, чтобы использовать синхротронное излучение для литографии и анализа результатов. Проект будет осуществлён не ранее 2010 года. Рядом с макетом нанофабрики стоял работающий сканирующий зондовый микроскоп. Его работу можно было наблюдать вживую. Вокруг висели плакаты с красивейшими изображениями, полученными при помощи зондовой и электронной микроскопии. Кроме

красоты они несут и глубокий научный смысл. Плохо, что в России не делают SEM, HREM, сквиды». (Сергей Кушнир, ФНМ МГУ)



Настольная модель "Нанофаба" НТ МДТ

«На выставке, проходившей в рамках II Фестиваля науки, стенд Аналитического центра химфака МГУ явно пользовался успехом. Толпа школьников, увлеченная демонстрацией реакции Белоусова-Жаботинского, способствовала привлечению посетителей. Масштаб деятельности центра не может не впечатлять. В ней можно выделить три главных направления, связанных с контролем экологической ситуации, контролем промышленного производства, оценкой качества пищевых продуктов и контролем здоровья людей. Во-первых, центр занимается экологическим мониторингом атмосферных выбросов, сточных вод, объектами его исследования являются почвенный и снежный покровы. Комплексная работа по оценке экологической безопасности территорий вблизи предприятий, создание программ реабилитации загрязненных территорий является тем новым, что отличает деятельность аналитического центра от многих других организаций по экологическому мониторингу.

Важным аспектом является контроль качества пищевых продуктов и лекарственных препаратов, например, определение витаминов в биодобавках. Заслуживает внимания деятельность по установлению корреляций между факторами неблагоприятного воздействия и здоровьем людей, (в частности, разработка новых методик определения содержания специфических метаболитов в крови позволяет проводить раннюю диагностику онкозаболеваний). Использование косвенных показателей (заболеваемости людей) соответствует комплексному подходу к мониторингу и позволяет более полно выявить факторы воздействия.

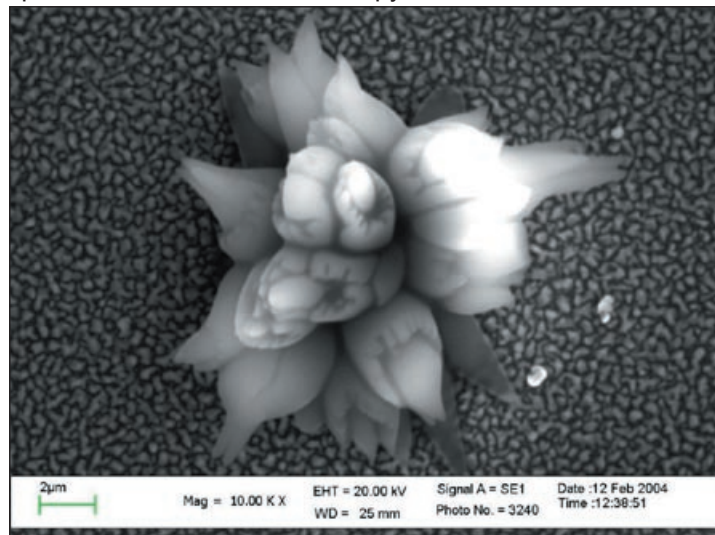
Благодаря сотрудничеству с фирмами-производителями оборудования («Аквилон», «Кортэк», «Спектрон», «Химавтоматика») в аналитическом центре разрабатываются комплексные системы промышленного контроля процессов производства, осуществляется анализ элементного состава сырья, например, содержания хлоридов, серы, металлов (свинца, меди, никеля, цинка) в нефти. Центр активно разрабатывает методики выявления и диагностики новых, ранее неизвестных соединений.

Не секрет, что качество диагностики зачастую определяет экономическое развитие и здоровье человека. По обширности задач и комплексному подходу к их решению, научной базе Аналитический центр МГУ является поистине инновационным образованием в рамках Университета». (Наталья Вавилова, ФНМ МГУ).

Фотографии-победители

Наконец-то подведены итоги конкурса научной фотографии. Выбор был труден, поскольку практически все фотографии были оригинальные и очень интересные. Мы благодарим всех, кто принял участие в конкурсе! Все фотографии участников заняли почетное место в галерее сайта www.nanometer.ru. Тем не менее, победители определены...

В зрительском голосовании приняли участие 223 человека. С небольшим отрывом победила фотография **Баран Людмилы Владимировны** «Фуллеритовый цветок» (30 голосов), которой и присуждается приз зрительских симпатий - 5000 руб.

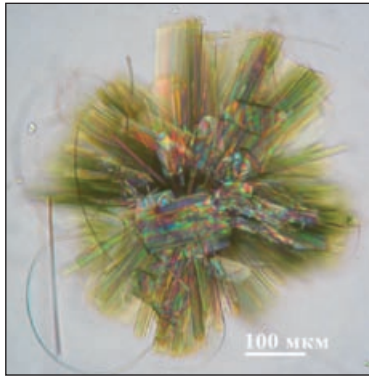


«Фуллеритовый цветок»

Комиссия из членов жюри выбирала по три самые понравившиеся фотографии и ставила по 3 балла за первое, 2 балла за второе и 1 балл за третье место. В результате первое место (10 000 руб.) с одинаковым количеством баллов разделили фотографии **Дмитрия Семененко** «Морская живность» (он также автор фотографии «Неорганические водоросли», которая отбиралась в числе очень немногих фотографий нашего сайта редакцией журнала «Популярная механика» в качестве «фотографии дня») и **Алены Ковалевой** с соавт. «Яблоки на Луне» (она также соавтор фотографий «Пюпитр» и «Инопланетяне»).



«Яблоки на Луне» - на самом деле искусственно созданный материал, это целенаправленная кристаллизация сферических частиц гидроксиапатита из SBF (искусственной межтканевой жидкости) в целлюлоз-ацетатной нано- и микропористой тонкой



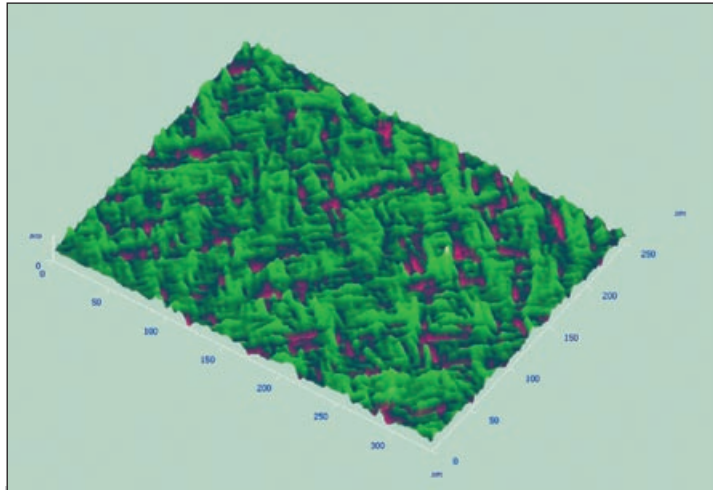
«Морская живность»

пленке (мембране) с целью получения гибкого, прочного конструкционного материала для замены поврежденных костных тканей (цифровая растровая электронная микроскопия).

«Морская живность» - это сложные друзы электропроводящих ассоциатов нановискеро-ванадиевых бронз,

полученных гидротермальной обработкой прекурсоров на основе оксида ванадия (V) (оптическая микроскопия в поляризованном свете).

Премии и призы компании НТ МДТ получают **Валентин Григорьевич Еременко** за фотографию «Лабиринт» и **Екатерина Евгеньевна Родякина** за работу «Останки древнего наноаутилуca» (эта фотография также отбиралась редакцией журнала «Популярная механика»

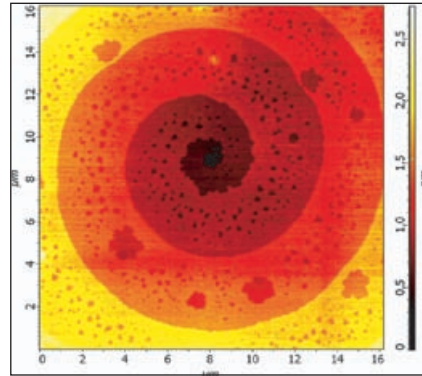


«Лабиринт»

в качестве «фотографии дня»).

В первой работе впервые, используя комбинированную методику (селективное фототравление и АСМ), удалось выявить модуляции состава, возникающие в результате протекания процесса спинодального распада в квазибинарной системе InGaAs, выращенной методом атомно-слоевой МЛЭ на GaAs подложке при температуре 500°C. Толщина слоя 47 нм. В процессе травления удалено ~30 нм. Топография поверхности имеет характерный вид «корзиночного плетения» и состоит из квазипериодических полос (выступов), соответствующих областям, обогащенным In. Соответственно, области, обогащенные Ga, представлены впадинами. Широкие полосы - грубые модуляции - имеют для данного объекта период ~50 нм. На их фоне видны тонкие модуляции с периодом ~7-8 нм и высотой профиля ~1 нм. Представленные изображения демонстрируют еще одну экспериментальную возможность изучения спинодального распада в подобных системах, механизм которого до сих пор не ясен полностью. Практическое значение работы состоит в том, что показана возможность анализа (достаточно экспрессного по сравнению с ТЕМ) структуры на больших площадях и в любом месте выращенного слоя, кроме того, выявленные периодические структуры могут служить матрицей-темплатом для выращивания упорядоченной структуры «квантовых точек».

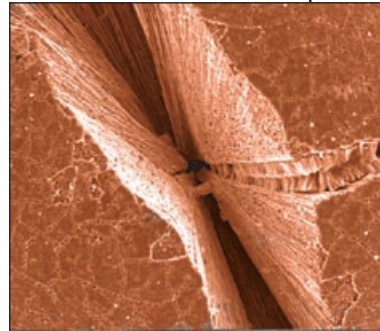
Вторая работа - это изображение спиральной ступени на поверхности Si(111), образовавшейся вследствие выхода



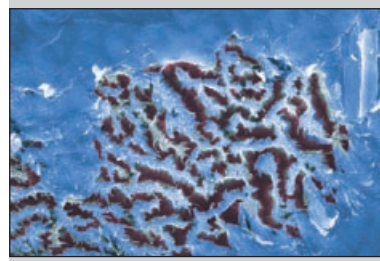
«Останки древнего наноаутилуca»

винтовой дислокации на поверхности. Двумерные (глубиной 0,31 нм) «отрицательные» островки (с латеральными размерами несколько десятков нанометров) возникли после термического отжига кристалла кремния в кислородной атмосфере.

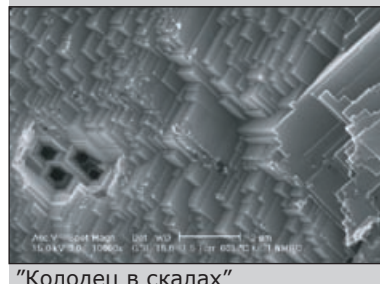
Дополнительно жюри отмечает следующие фотографии, набравшие большое число баллов, однако, не попавшие в число первых призеров:



«Гранд каньон»



«Узоры древних майя»



«Колодец в скалах»

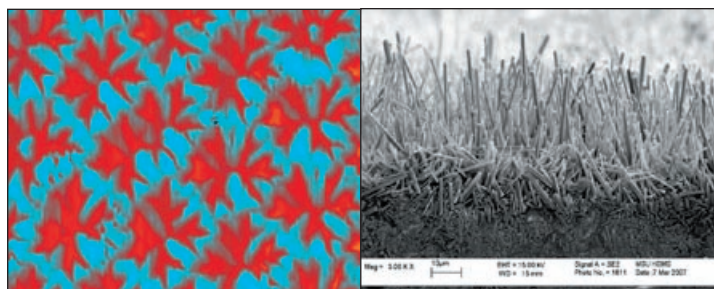
• **Юрий Коленько** с соавт. («Грандканьон») - диоксид титана после гидротермальной обработки.

• **Дмитрий Петухов** с соавт. («Узоры древних майя») - пленка анодированного оксида титана, полученная методом электрохимического окисления металлического титана в 0.25% растворе NH_4F в этиленгликоле при напряжении 60 В. Трещины в верхней части пленки образуются в результате химического растворения оксидной пленки в растворе, содержащем фторид-ионы. Реальный размер изображения - 70x40 мкм.

• **Андрей Николаевич Баранов** с соавт. («Колодец в скалах») - на приведенной микрофотографии изображена эволюция NaCl в нанокompозите «гидрокарбонат

цинка / хлорид натрия» (система солевой прекурсор-матрица для термического роста наностержней ZnO) при нагревании. Данная микрофотография получена с помощью высокотемпературной растровой электронной микроскопии *in situ* при $T=600^\circ\text{C}$ и вакууме 1,5 мм рт. ст. С ростом температуры на гранях кристалликов NaCl происходит формирование микротеррас.

• **Марина Павловна Темиряева** с соавт. («Осенний листопад») - представлено изображение магнитных доменов, существующих в узком приповерхностном слое пленки железо-иттриевого граната с неоднородным распределением анизотропии по толщине. Пленка ЖИГ была выращена эпитаксиально на подложке гадолиний-галлиевого граната в режиме меняющейся в процессе роста температуры. Данное изображение показывает возможности АСМ регистрировать приповерхностные домены, недоступные для оптической микроскопии. Скан получен с помощью АСМ «Смена А» производства фирмы



"Осенний листопад"

"Камыш"

"НТ-МДТ", МСМ мода, двухпроходная методика. Размер скана 40x40 мкм.

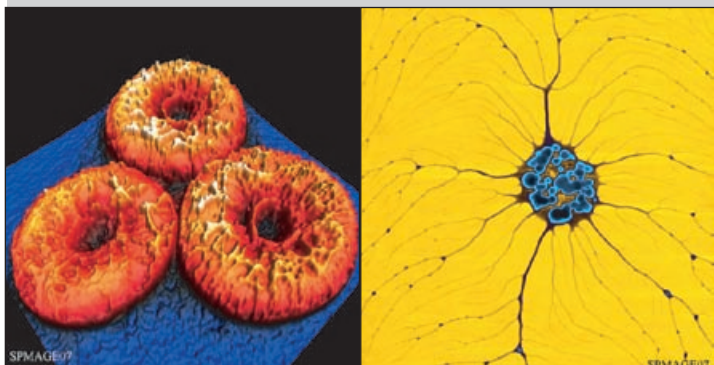
• Екатерина Померанцева с соавт. («Камыш») - псевдоупорядоченная одномерная структура, состоящая из направленно растущих мanganитных вискеров с туннельной кристаллической структурой, образовавшихся на границе раздела (поверхности) таблетки-прекурсора и хлоридного флюса (ростовой среды).

Ответ Чемберлена

Подведены итоги международного конкурса научной фотографии International Scanning Probe Microscope Image Contest 2007. Представленные работы посвящены исключительно красоте наномира. Названы 5 победителей, чьи шедевры можно увидеть ниже.

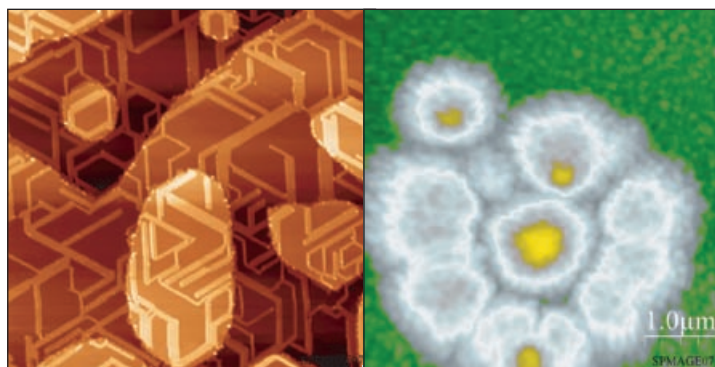


Первый приз 5000 евро: "Нанокольца" Andreas Fuhrer (ETH Zürich, Zürich, Switzerland)



Второй приз 2500 евро: "Поверхность красных кровяных телец человека после обработки антибиотиком пептидного происхождения" Luciano Paulino Silva (EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, Brazil)

Третий приз 1500 евро: "Корнеплод" Konstantin Demidenok (Leibniz-Institut Für Polymer Forshung, Dresden, Germany)



Четвертый приз 500 евро: "Тиминовая интегральная схема, выращенная на покрытой серебром поверхности кремния (111) R3xR3" Cornelius Krull (Freie Universität Berlin, Germany)

Пятый приз 500 евро: "Маргаритки наномира" Carmen Munuera (ICMM-CSIC, Madrid, Spain)

212-ая Конференция Электрохимического общества

С 7 по 12 октября 2007 года в г. Вашингтон, США прошла 212-ая Конференция Электрохимического общества (212th Electrochemical Society Meeting). Электрохимическое общество организует и проводит международные конференции два раза в год, весной и осенью, и предоставляет, таким образом, исследователям со всего мира возможность поделиться информацией о последних научных и технических разработках в областях, связанных с электрохимическими процессами. В конференции приняли участие около 1500 ученых, инженеров, исследователей из образовательных, промышленных и правительственных лабораторий; были представлены более двадцати стран мира, включая США, Россию, Японию, Китай, Корею, Францию, Украину и др. Атмосфера конференции располагала к деловому общению: участники имели возможность обсудить результаты своей деятельности и проблемы в родственных областях, для чего были организованы устные выступления, постерные сессии, круглые столы и практические демонстрации. Конференция состояла из 35 секций, среди которых можно выделить следующие: (i) перезаряжаемые литиевые и литий-ионные батарейки, (ii) наноматериалы для хранения и превращения энергии, (iii) моделирование электрохимических источников энергии, (iv) твердотельные ионные устройства, (v) наноразмерные одномерные электронные и фотонные устройства.

Одним из наиболее интересных событий конференции было вручение наград за достижения в области электрохимии и выступления награжденных исследователей.

Так, Мишелю Брусели (Michel Broussely), в настоящее время являющемуся научным директором компании SAFT была вручена награда за работу в области развития технологии батареек. Д-р Брусели прочитал лекцию «От литиевых к литий-ионным: 50-тилетнее поколение батареек». В этой лекции он охватил историю развития литиевых источников тока с начала 60-х годов прошлого столетия до настоящего времени, в чем д-р Брусели



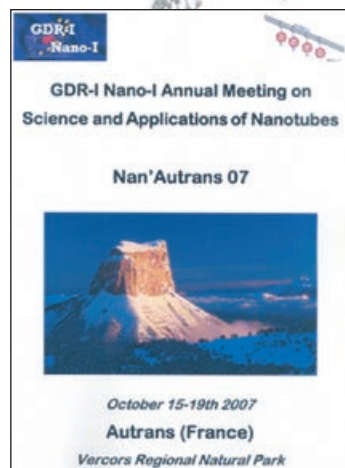
принимал непосредственное участие. Он показал, как осуществлялся постоянный прогресс в технологии, понимании основных электрохимических механизмов и создании концепций, которые, в конечном итоге, привели к сложившейся в настоящее время ситуации.

Награду за работу в области научных исследований материалов для батареек получила профессор университета штата Нью-Йорк – Клэр Грей (Clare Grey). Она является крупным специалистом в области твердотельного ЯМР и дифракционных методов, которые использует для исследования структуры и динамики в материалах для хранения энергии и химии окружающей среды. В области литий-ионных батареек она использует ЯМР на ядрах лития для определения локальной структуры и механизмов интеркаляции/деинтеркаляции лития в широком круге электродных материалов, включая слоистые материалы, шпинели и оксисульфиды. В группе проф. Грей разработана концепция, объясняющая большие величины химических сдвигов в ЯМР спектрах, которые часто наблюдаются в таких системах.

Традиционно на конференции широко была охвачена тематика использования оксидов марганца со структурой шпинели и слоистыми структурами в качестве катодного материала в литий-ионных батареях. Большое внимание было также уделено исследованию LiFePO_4 , в том числе, и в наносостоянии. Ряд докладов был посвящен наноструктурированным материалам.

Организаторы всячески способствуют расширению Электрохимического общества и дают дополнительную возможность участвовать в конференциях аспирантам и молодым ученым в форме грантов на поездку (информацию о требованиях для получения грантов можно найти на сайте: <http://www.electrochem.org/meetings/>). Так, в этом году грант секции «Перезаряжаемые литиевые и литий-ионные батарейки» был вручен соискателю ФНМ – Померанцевой Екатерине, которая представила на конференции доклад: «Получение, модифицирование и электрохимические характеристики вискеров $\text{Ba}_6\text{Mn}_{24}\text{O}_{48}$ ». Участие в конференциях Электрохимического общества способствует достижению его основных целей: усовершенствовать теоретические и практические аспекты электрохимии, наук о твердом теле и родственных областей; поддерживать и поощрять исследования и распространение знаний, а также способствовать подготовке высокообразованных ученых и инженеров в этих областях.

Конференция «Наука и применение нанотрубок»



С 15 по 19 октября 2007 г. в Отрассе (пригород Гренобля) состоялась Международная конференция общества GDR-E NANO-E «Наука и применение нанотрубок» (Nan'Austrans 07, GDR-I NANO-I Annual Meeting on Science and Application of nanotubes), посвященная развитию исследований в области углеродных нанотрубок и увеличению международного обмена между молодыми исследователями. Это четвертая по счету встреча

сообщества GDR-E (http://www.cnrs-imn.fr/GDRE_NanoE, <http://lab-neel.grenoble.cnrs.fr/gdr-e/>), которая начиная с 2004 года проходила поочередно в

Ватце, Хоуффелизе и Обернаи. В этом году в работе конференции приняли участие 250 материаловедов, физиков и химиков из 25 стран мира, специализирующихся на исследовании углеродных нанотрубок. В общей сложности на конференции было представлено 54 устных и 80 постерных докладов. Большинство докладов были представлены учеными из институтов Франции.

Программа съезда была разделена на 10 секций, которые охватывали всевозможные области исследования и применения углеродных наноматериалов: синтез и рост углеродных нанотрубок; структура и характеристика; графен; транспортные свойства (2 секции); химия, функционализация и бионауки; оптические свойства; теоретические исследования; устройства и полевая эмиссия; механические свойства и композиты. Кроме того, в ходе конференции прошло обсуждение норм ISO, метрологии и токсикологии углеродных материалов, а также обучение работе на лучших приборах AFM/STM компании Nanotec (www.nanotec.es).



Дискуссия у стендового доклада аспиранта ФНМ М. Чернышевой.

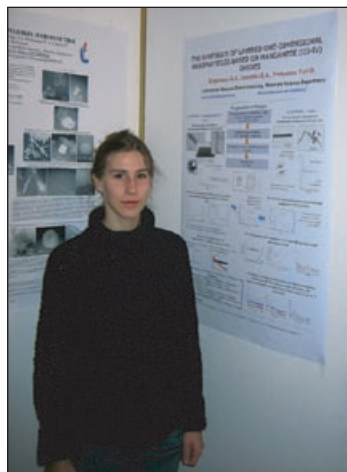
Наибольший интерес вызвали секции, посвященные характеристике полученных нанотрубок, их биоприменению, исследованию транспортных и оптических свойств. Интересно отметить, что постерные доклады были порой более интересными, чем устные, например, работы Б. Виголо (B. Vigolo) «Многоступенчатая процедура очистки ОУНТ, полученных электродуговым методом: характеристика несколькими методами» и Т. Мишеля (T. Michel) «Рамановские исследования диспергированных и нанесенных индивидуальных металлических и полупроводниковых ОСНТ».

Уровень конференции оказался очень высоким. Дополнительно проведенные мероприятия (поход в горы, праздничный ужин, дебаты по метрологии и токсикологии) способствовали дружественной атмосфере и облегчению общения между исследователями. Предоставленная поддержка всех молодых ученых позволила участвовать большому числу аспирантов (большинство – 2 и 3 г/о). В целом, я бы назвала эту конференцию лучшей по тематике углеродных нанотрубок по совокупности всех факторов – уровню и количеству докладов, дружественной атмосфере и возможности обмена опытом, уровню организации, месту проведения.

Международная конференция HighMatTech-2007

В международной материаловедческой конференции HighMatTech-2007, проходившей в октябре в Киеве, приняли участие преподаватели и аспиранты Факультета

наук о материалах. Организованная НАН Украины и Украинским материаловедческим обществом при поддержке инновационной научно-производственной фирмы «Интем» (Киев) конференция HighMatTech-2007 является попыткой возрождения одноименных материаловедческих конференций, успешно проводимых в начале 90-х. Местом проведения конференции был выбран Киев, а временем проведения – прекрасный период золотой осени.



Аспирант ФНМ А. В. Григорьева около своего стендового доклада

Целью конференции HighMatTech-2007 можно было бы назвать освещение вопросов, связанных с разработкой новых перспективных материалов, а также обсуждение современных вопросов материаловедения, носящих фундаментальный характер.

Работа конференции была организована в 8 секциях:

- Фундаментальные принципы современного материаловедения. Диаграммы состояния. Моделирование технологических процессов получения материалов и свойств современных материалов различного назначения.
- Металлические материалы и технологии их получения и обработки.
- Порошковая металлургия: современное состояние науки и производства; новейшие материалы на основе дисперсных частиц (порошков, волокон и др.).
- Наноматериаловедение: технологии и материалы.
- Керамика функционального и конструкционного назначения.
- Композиционные материалы: высокие свойства и перспективы практического использования.
- Функциональные материалы, в том числе, материалы для электроники.
- Инженерия поверхности.

Открытие и пленарное заседание первого дня конференции проходили в Национальном техническом университете Украины (в последующие дни конференция базировалась в Киевском Доме ученых НАН Украины). Открыли конференцию выступления академика НАНУ В.В. Скорохода и ректора НТУУ М.З. Згуровского. В работе конференции приняли участие около 400 человек из России, Украины, Белоруссии, Латвии, Вьетнама, Японии, США, Великобритании и Германии.

В первый день конференции состоялось пленарное заседание. Академик В.В. Скороход (Институт проблем материаловедения) представил доклад «Концепция иерархии структурных уровней и принципы структурной инженерии неорганических материалов». Г. Эффенберг (MSIT Workplace & MSIT Phase Diagrams Center Materials Science International Services GmbH, Stuttgart, Germany) выступил с докладом Global Networking in Materials Construction. По его словам в России необходимо создать единую базу данных научных исследований, достижений и результатов. В заключение своего доклада он представил базу данных фазовых диаграмм, в которой помимо самих диаграмм представлены данные о кристаллических структурах.

Большой интерес вызвали доклады, представленные

в секциях «Наноматериаловедение: технологии и материалы» и «Композиционные материалы: высокие свойства и перспективы практического использования», дававшие возможность участникам познакомиться с новыми возможностями получения и их практическим использованием функциональных материалов, в том числе наноматериалов. Среди докладов, вызвавших особый интерес, можно назвать следующие: «Сверхтвердые наноструктурированные углеродные материалы, синтезируемые из фуллерита C_{60} при высоких температурах и умеренных давлениях» (Ин-т физики высоких давлений РАН), «Наноразмерный аморфный TiO_2 для высокоомощных литий-ионных аккумуляторов и гибридных устройств» (Ин-т сорбции и проблем эндоэкологии НАНУ), «Фазовый анализ электрохимически синтезированных наноструктурированных оксидов марганца методом ИК-спектроскопии Фурье» (Национальный авиационный университет Украины). Другим интересным докладом стало сообщение Г.Г. Гнесина об энциклопедическом издании «Неорганическое Материаловедение», целью которого является обобщение и систематизация современных представлений о научных принципах и основах неорганического материаловедения. Издание выходит в 2 томах, первый выходит в свет в 4 квартале 2007 г., второй – в 4 квартале 2008 г.

В целом, конференция HighMatTech-2007 дала возможность участникам получить представление о том, какие направления материаловедения развиваются на территории СНГ сегодня.

Лауреаты Нобелевской премии 2007

Химия

Промышленное производство аммиака, изменения окружающей среды вследствие потепления климата, рождение и исчезновение необычных структур в ходе химических реакций — понять эти столь разные явления помогли исследования немецкого учёного, лауреата Нобелевской премии по химии 2007 года Герхарда Эртля.



Лауреат Нобелевской премии по химии 2007 года Герхард Эртль.

Не секрет, что присуждение Нобелевской премии нередко вызывает споры о том, заслуженно ли оценены труды того или иного исследователя и почему обойдены работы других учёных, часто не менее значимые. Однако в данном случае подобные дискуссии вряд ли уместны. Герхард Эртль — фигура в научном мире, которая не вызывает споров о закономерности выбора Нобелевского комитета, он признанный классик физической химии. Известие о присуждении высокой награды немецкий учёный получил в день своего 71-летия. Хотя Герхард Эртль посвятил карьеру изучению химического катализа,

для него характерна необычайная широта научных интересов, что и позволило ему добиться по-настоящему выдающихся результатов. Весь спектр работ Герхарда Эртля охватить трудно, так что мы выделим лишь наиболее важные.

Эртль начинал с выяснения механизмов поведения сравнительно простых соединений — молекул O_2 , N_2 , H_2 , NO и других — в ходе их адсорбции, иными словами, «посадки» на поверхность катализаторов. Понимание того, что происходит с этими присоединяющимися молекулами, так называемыми адсорбатами, оказалось очень важным для объяснения деталей гетерогенного катализа, то есть химических реакций, происходящих на границе раздела газов и твёрдых тел.

Особое место среди работ Герхарда Эртля занимает выяснение механизма получения аммиака. Синтез этого вещества — один из ключевых процессов, лежащих в основномножестваотраслейхимическойпромышленности. В 1904—1905 годах немецкий химик Фриц Габер, исследуя состояния равновесия аммиака, показал возможность его синтеза из азота и водорода; в 1907—1909 годах сконструировал небольшой аппарат для получения этого продукта, а в 1910—1915 годах пытался осуществить каталитический синтез аммиака. Через некоторое время соотечественник Габера Карл Бош, инженер фирмы BASF, смог усовершенствовать этот метод, после чего внедрил его в промышленность. Процесс Габера—Боша до сих пор является основой широкомасштабного производства аммиака во всём мире.

Возникновение аммиачной молекулы из азота и водорода описывается простым уравнением: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$, которое многие помнят ещё со школьной скамьи. Но простота эта обманчива.

Реакция образования аммиака в громадных промышленных установках протекает в несколько стадий, причём детали каждой стадии долгое время оставались неизвестными, несмотря на серьёзное желание химиков их выяснить, поскольку, зная детальный механизм реакции, можно было бы попытаться влиять на этот процесс. А с учётом растущих объёмов производства аммиака контроль над его синтезом мог принести колоссальную экономическую выгоду.

Выяснению всех нюансов реакции мешало несовершенство применявшихся экспериментальных методов. В 1975 году знаменитый американский физико-химик Пол Эмметт отмечал: «...работы, выполненные за прошедшие полвека, позволяют сделать вывод, что ключевой стадией в синтезе аммиака является адсорбция азота. Однако вопрос, адсорбируется ли азот в виде молекул или атомов, до сих пор остаётся открытым...».

Закрывать его смог именно Герхард Эртль, показав, что азот адсорбируется на поверхности катализатора в виде атомов, а уже затем, шаг за шагом, присоединяет три атома водорода. Эти результаты позволили создать новый класс промышленных катализаторов, применяемых в производстве азотистых удобрений, и значительно снизили стоимость получаемой продукции.

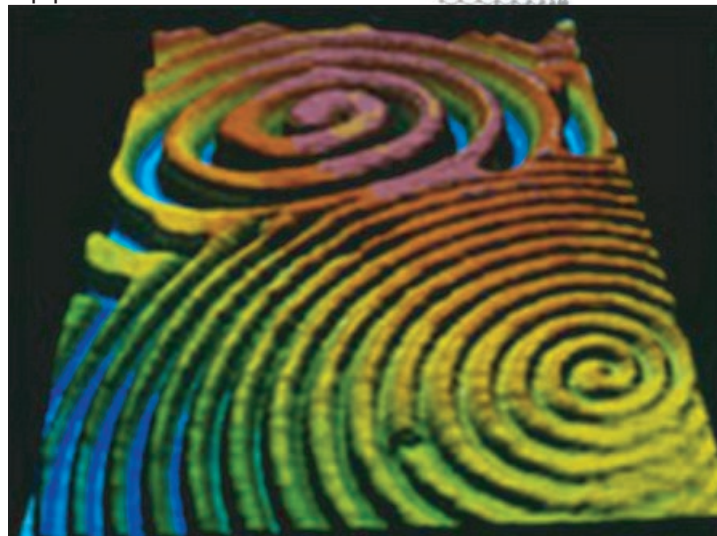
Стоит добавить, что упомянутый выше создатель методики синтеза аммиака Габер за свою работу в 1918 году также были удостоены Нобелевской премии в области химии. И ещё одна любопытная деталь: новоиспечённый нобелевский лауреат Герхард Эртль работает в берлинском Институте имени Фрица Габера общества Макса Планка. Ключ к пониманию изменений климата

Особенностью стиля Эртля как учёного является активное использование новейших методик исследования вещества. Так, после изобретения в 1982 году сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) немало

учёных поначалу критически отнеслись к потенциальным возможностям нового прибора. Эртль же весьма быстро оценил достоинство новой методики и применил технику СТМ для изучения процессов, приводящих к изменению структуры поверхности катализатора под воздействием адсорбатов. Одновременно с изучением поверхностных свойств катализатора Эртль с коллегами разработал собственные весьма чувствительные методики исследования электронной структуры поверхностей, что позволило пролить свет на детали взаимодействия молекул с поверхностью катализатора. Многие результаты этих исследований обеспечили подлинный прорыв в науке о катализе.

В числе химических реакций, которые наиболее активно изучала группа Эртля, был процесс окисления молекул окиси углерода (проще говоря, угарного газа). Немецкие учёные первыми окислили угарный газ на поверхности одиночного кристалла и обнаружили колебания концентраций реагирующих веществ. Принципиально важными были два момента: во-первых, ранее подобный эффект наблюдался лишь для реакций в больших объёмах, а во-вторых, эти колебания могли быть как регулярными, так и хаотическими — в зависимости от условий протекания реакции.

Вряд ли исследователи уже тогда могли предположить действительный масштаб совершенного ими открытия, но сейчас мы уже знаем: подобные изменения концентраций реагентов являются примером феномена нелинейности, а она лежит в основе подавляющего большинства процессов, происходящих в нашем мире — от изменения численности животных в биологических популяциях до колебаний курса валют. Так что математическая модель, описывающая поведение химической системы, теперь с успехом применяется во многих других сферах науки. К примеру, эта модель позволила охарактеризовать процессы, приводящие к возникновению парникового эффекта.



Спиралевидные структуры на поверхности платинового катализатора.

В соответствии с логикой своих исследований Эртль сделал следующий шаг. Задавшись вопросом «а что же происходит на поверхности катализатора в ходе колебаний концентрации реагирующих веществ?», он использовал методику фотоэлектронной микроскопии, чтобы разглядеть ту «арену», на которой взаимодействовали реагенты. Исследователям открылось завораживающее зрелище: поверхность катализатора оказалась украшена спиралевидными структурами, меняющимися с ходом времени. Такие образования сформировались из молекул и атомов адсорбатов. Эта картина — своего

рода «портрет» Молекулы окиси углерода образуют спиралевидные структуры на поверхности платинового катализатора нелинейной системы, и Эртль увидел её первым в мире.

Открыл эти пространственные структуры, возникающие в ходе химической реакции, российский учёный Борис Белоусов в 1951 году, а теорию этого явления создал другой наш соотечественник — Анатолий Жаботинский. Но этот процесс, вошедший в науку под почётным названием «BZ-реакция» (по первым буквам фамилий её первооткрывателей), протекал в жидкой среде, тогда как Герхард Эртль изучил химический процесс на границе твёрдой и газообразной сред. Рисунок обнаруженных структур стал подлинной «визитной карточкой» института Фрица Габера.

Среди других работ Эртля, нашедших широкое практическое применение, надо отметить создание катализаторов, позволяющих нейтрализовать выхлопные газы автомобилей, а также покрытий, препятствующих коррозии металлов. А в ходе работ на сканирующем туннельном микроскопе им были разработаны методики, которые легли в основу производства установок для получения высокого вакуума и сверхчистых поверхностей. В настоящее время эти технологии являются обязательными в производстве микроэлектронной техники. Таким образом, открытия Герхарда Эртля послужили мощным импульсом для развития новых методов производства полупроводников.

Владимир Сычёв

Физика



Лауреат Нобелевской премии по физике 2007 года Альберт Ферт.

Лауреат Нобелевской премии по физике 2007 года Петер Грюнберг.

Лауреатами Нобелевской премии по физике 2007 года стали француз Альберт Ферт, Университет Париж-Юг, и немец Петер Грюнберг из исследовательского центра в Юлихе, ФРГ. Согласно официальному пресс-релизу Нобелевского Комитета, они удостоены этой высокой чести «за открытие гигантского магнетосопротивления» (ГМС) — это открытие лежит в основе современной технологии производства чувствительных считывающих головок для работы с компактными жесткими дисками. По существу, именно оно дало возможность создать компактные жесткие диски, используемые в широкой номенклатуре современных цифровых устройств — от

ноутбуков до музыкальных плееров.

Открытие Альбертом Фером и Петером Грюнбергом эффекта гигантского магнетосопротивления позволило создать современную технологию производства чувствительных считывающих головок для работы с компактными жесткими дисками. Можно считать, что это был первый в истории пример успешного применения нанотехнологий для решения практических задач человечества.

Явление гигантского магнетосопротивления было одновременно и независимо открыто А. Фером и П. Грюнбергом еще в 1988 году. Объектом их исследований были тонкие пленки, составленные из чередующихся слоев ферромагнетиков и полупроводников, создание которых стало возможным благодаря другому открытию, сделанному еще в 70-х годах — технологии молекулярно-лучевой эпитаксии. В этом смысле история эффекта ГМС представляется одним из первых примеров успешного применения нанотехнологий для решения практических задач человечества.

Феномен изменения электрического сопротивления проводников под действием магнитного поля (магнетосопротивление, МС) был известен еще У. Томсону (лорду Кельвину), который 150 лет назад обнаружил, что сопротивление железа и никеля изменяется под действием внешнего магнитного поля: увеличивается в направлении магнитных силовых линий и уменьшается в направлении, перпендикулярном магнитному полю. Спустя столетия было осознано и важные практические применения МС, среди которых отметим возможность создания головок для считывания информации с магнитных носителей и сенсоров магнитного поля. Этот практический интерес привел к значительному росту объема исследований МС.

Однако к 80-м годам прошлого столетия никакого существенного прогресса в этой области со времен Кельвина достигнуто не было, и общий консенсус тех лет сводился к убеждению, что наилучшие свойства для практических применений имеет сплав $\text{Fe}_{20}\text{Ni}_{80}$ (пермаллой). Поэтому упомянутое выше обнаружение в 1988 году материалов с очень большим магнетосопротивлением (ГМС) стало большой неожиданностью.

Справедливости ради стоит заметить, что структура материалов, о которых шла речь, была для того времени весьма нетривиальной: это были слоистые системы из чередующихся областей ферромагнитного и немагнитного металлов, причем толщина каждого из слоев имела порядок нескольких нанометров.

Нобелевский Комитет особо отмечает, что и Фер, и Грюнберг не только провели скрупулезные измерения ГМС, но сумели осознать, что столкнулись явлением, в котором происхождение магнетосопротивления имеет качественно новую природу. С явлением, которое откроет дорогу целому классу полезных практических применений и успешных коммерческих продуктов. И новое семейство магнитоактивных считывающих устройств — лишь один из них.

Валерий Валеев

В статье использованы материалы: Центра «Открытая экономика»

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)