



НАНОИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ИННОВАЦИИ НА ФОРУМЕ "ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА"

На состоявшемся в Москве в 2008 году IX международном форуме "Высокие технологии XXI" века одним из важнейших мероприятий было секционное заседание "Нанотехнологии и новые материалы".

Во вступительном слове Председатель секции, генеральный директор НИИИИ МНПО "Спектр" академик РАН В.Клюев охарактеризовал основные направления развития российской нанотехнологической промышленности.

О применении нанотехнологий для создания перспективных материалов для ракетно-космической и авиационной техники рассказал генеральный директор "ОНПП "Технология" В.Викулин. В настоящее время на предприятии организуется производство трехслойных панелей и сотовых наполнителей для интерьерных и силовых конструкций, высоконагруженных агрегатов и компонентов современной авиатехники, оболочек головных обтекателей ракет-носителей. Разрабатываются методы модифицирования эпоксидной матрицы наночастицами и углеродными нанотрубками, обеспечивающими увеличение температуры стеклования на 20%, а повышение прочности и модуля упругости углепластика вдоль волокон – на 25–40%. С использованием магнетронного метода создаются защищающие от ЭМИ антибликовые наноразмерные покрытия на изделия из оргстекла, снижающие тепловую составляющую солнечной радиации в 3–5 раз. Использование золь-гель метода позволяет синтезировать керамику на основе частично-стабилизированных наноразмерных частиц диоксида циркония. Разрабатываемые на основе такого материала твердые электролиты применимы в датчиках измерения концентрации кислорода систем управления подачей топлива в автотранспорте, термодинамической активности в атомной промышленности, контроля раскисленности жидкой стали в металлургии.

В выступлении начальника "61 НИИ Железнодорожных войск" МО РФ генерал-майора В.Поплавского была затронута проблема создания нового поколения нанодисперсных порошков и их многокомпонентных смесей, влияющих на структуру жидких углеводородов при переменных внешних воздействиях.

Перспективам промышленного внедрения нанотехнологий посвятил свой доклад генеральный директор Концерна "Наноиндустрия" М.Ананян. Для создания механизмов запуска инновационных проектов на основе нанопродукции необходимо формирование завершенных технологических циклов с анализом отраслевой проблематики и требований к наноматериалам, а также мультиплицирование опыта работы с заказчиками.

При структурировании базиса наноиндустрии, помимо формирования отраслевых кластеров и консорциумов, внимание следует уделять развитию региональных центров, способствующих интеграции специалистов и ученых и формированию благоприятных условий развития нанотехнологий в России. Соответственно, основными задачами Национальной ассоциации наноиндустрии являются

формирование единого информационного пространства в сфере нанотехнологий, построение в РФ цивилизованного внутреннего нанорынка, стимулирование инновационных нанопроизводств и законодательная защита потребителей, производителей и разработчиков нанотоваров и нанослужб, а также содействие продвижению российской нанопродукции на внешний рынок.

Проблемы и перспективы развития промышленных нанoeлектронных технологий были темой выступления Заместителя генерального директора "НИИМЭ и Микрон" по науке – главного конструктора Н.Шелепина (Зеленоград). Проанализировав нормативно-правовую базу и организационное обеспечение наноиндустриального развития России, докладчик обратил внимание на основные компоненты законодательного регулирования развития нанoeлектроники в стране. Детальный анализ действующих Федеральных целевых программ (ФЦП) свидетельствует, что управление нанoeлектронной промышленностью в стране до сих пор децентрализовано и скоординированных госпрограмм по развитию отрасли нет. Отсутствуют также НИОКР по комплексному развитию нанoeлектроники. В сложившихся условиях настоятельно *необходимо создание в России оснащенного современным оборудованием межведомственного научного центра*, обеспечивающего координацию и консолидацию усилий и финансовое взаимодействие РАН, университетов, вузов, НИИ и промышленных предприятий, и взаимоувязывающего объем инвестиций для каждой организации с качеством разработок и уровнем технологий. Наличие такого центра позволит сконцентрировать материальные ресурсы наномикроэлектроники России для осуществления инновационного скачка в сфере Hi-Tech.

Генеральный директор ООО "Лаборатории "Амфора" П.Осипов сообщил, что более чем за десять лет работы на рынке фирмой развито производство изделий лазерной модуляционной интерференционной микроскопии серии "МИМ", перспективных для использования нанобиотехнологиями, нанoeлектронщиками и материаловедами. Микроскоп МИМ включает в себя 3D профилометр с фазово-поляризационной модуляцией, обеспечивающей сверхвысокое пространственное разрешение с нанодинамической чувствительностью к оптоэлектронным параметрам. Конструкция приборов серии МИМ позволяет определять внутреннее строение и формы вещества живых клеток, их нанодинамики и физического состояния, идентифицировать различные микрообъекты в микрокристаллических, коллоидных и многофазных нанокластерных структурах, распознавать неметаллические вставки, обнаруживать невидимые интерфейсы в композитных и керамических образцах, анализировать намагнитенные образцы с металлургическим фазовым различием без декорирования.

Технологии промышленного производства наноуглеродного материала получили освещение в докладе ректора

Тамбовского государственного технического университета (ТГТУ) профессора С.Мищенко. Созданные ТГТУ совместно с Воронежским госуниверситетом полимерные композиты на основе угленаполненного полиамида 6 (УПА 6/15), полиэтилена низкого давления и углеродного наноматериала "Таунит" в 2 раза снижают коэффициент трения, в 8 раз увеличивают допустимую нагрузку и в 1,5 раза – удельную ударную вязкость композита. На 25–30% возрастает теплопроводность модифицированного полимера. В сотрудничестве с владимирским ЗАО НТУ "Владипор" проведено сравнение коэффициентов стандартных и наномодифицированных мембран и содержания примесей в пермеате, подтвердившее высокие потребительские свойства нанопродукции. Например, благодаря высокой термостабильности "Таунит" выгодно отличается от аналогов, в частности, от импортного носителя "Vulcan". Совместно с НТЦ "Конверс-Ресурс" разработаны нанодисперсные противоизносные антифрикционные ремонтно-восстановительные составы формируют в зонах контакта поверхностей пар модифицированный слой, способствующий прочному сцеплению частиц при иницировании высокими температурами микрометаллургических процессов. Обладающие высокими абразивными свойствами составы востребованы в России, экспортируются в Болгарию, Италию и КНР.

Нанопреобразователи и средства нанотомографии были представлены в выступлении В.Матвеева (Ассоциация "Спектр-Групп"), нанокompозиты на основе опаловых мат-

риц – Е.Булыгиной (МГТУ им. Н.Э.Баумана). Методология диагностики и контроля наноматериалов и нанообъектов, основные принципы и системный подход к построению учебно-производственного центра по созданию наноматериалов и нанодиагностике микроэлектронных изделий на примере Наноцентра МИРЭА были анонсированы в докладе А.Беспалова (МИРЭА).

О разработке методов получения полимер–силикатных нанокompозитов и исследовании их свойств в Институте нефтехимического синтеза (ИНХС) РАН им. А.В.Топчиева и ООО "НПК "СпецПолимер" сообщил В.Герасин (ИНХС). В частности, посредством модификации слоистого силиката достигается высокий уровень адгезионного взаимодействия на поверхности наполнителя, соответствующий качественно-новым физико-химическим свойствам материала, формирование адсорбционных слоев активных веществ требуемой полярности на поверхности силикатных пластинок.

Методику высокочувствительного элементного анализа поверхности с диагностикой тонкопленочных структур с помощью рентгенофлуоресцентной спектроскопии в специальных условиях представил В.Егоров (ИПТМ РАН, г. Черноголовка).

По проблемам применения и аналитических возможностей сверхвысоковакуумных сканирующих туннельных микроскопов серии GPI в нанотехнологических исследованиях выступил К.Ельцов (ЗАО НПФ "Сигма Скан").

Л.Раткин. rathkeen@bk.ru

МНОГОМАСШТАБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ И СТРУКТУР В НАНОТЕХНОЛОГИЯХ

В 2008 году под патронажем Минобрнауки РФ, РНЦ "Курчатовский институт" и МИФИ была проведена первая всероссийская конференция "Многомасштабное моделирование процессов и структур в нанотехнологиях".

Открывая пленарное заседание, директор Центра фотохимии РАН акад. М. Алфимов отметил, что формирование полноценных систем быстрого прототипирования новых наносистем и наноматериалов, прогнозирование поведения реальных систем и описание с использованием квантовой механики, термодинамики и силовых полей на молекулярном и атомарном уровне характеристик материалов являются основными задачами многомасштабного моделирования, позволяющего, в отличие от других подходов, изучить влияние на макроуровневые явления эффектов, происходящих на мезо-, микро- и наномасштабах.

Шахматному мезоэффекту интерфейса и многомасштабному моделированию наноструктурных гетерофазных покрытий был посвящен доклад акад. В. Панина в соавторстве с рядом сотрудников Института физики прочности и материаловедения СО РАН.

В докладе С.Лурье, Д.Волкова-Боголюбского (Институт прикладной механики РАН) и Б.Литвинова, М.Токсамбаева (Национальный институт авиационных технологий) были представлены данные об эффективных механических ха-

рактеристиках наполненных композитов с микро- и нановключениями, полученные на основе теории межфазного слоя с использованием численного и экспериментального моделирования.

Примером сотрудничества России и ЕС явилось проведенное И.Мелиховым, Е.Симоновым (МГУ им. М.В.Ломоносова) и А.Ведерниковым (Центр исследования микрогравитации, Свободный университет Брюсселя, Бельгия) исследование математической модели движения коллектива реагирующих с газом нанокристаллов.

Н.А.Киселев чл.-кор. РАН (Институт кристаллографии им. А.В.Шубникова РАН) представил работу международного научного коллектива с участием сотрудников факультета наук о материалах МГУ им. М.В.Ломоносова, Института проблем химической физики РАН, Отделения материаловедения Оксфордского Университета и фирмы "FEI Company" (Голландия, г.Эйндховен) по моделированию атомной структуры одномерных кристаллов, выращенных во внутреннем канале (ВК) одностенных углеродных нанотрубок (ОСНТ) диаметром 1,2–1,6 нм.

Сотрудник питтсбургского научно-исследовательского центра "Seagate Technology" (США) О.Мрясов сообщил, что в ходе многомасштабного моделирования нанофазных материалов и наноустройств для хранения информации была



разработана и экспериментально протестирована по температурной зависимости магнитных свойств FePt микроскопическая модель магнитных взаимодействий для 3d-5d(4d) сплавов.

Проведенное в Санкт-Петербургском Физико-техническом институте им. А.Ф.Иоффе А.Самусевым, М.Рыбиным и М.Лимоновым аналитическое моделирование селективного переключения стоп-зон в многокомпонентных 2D фотонных кристаллах свидетельствует о совпадении результатов в случае малого контраста диэлектрической проницаемости.

В.Елесин, Н.Дегтяренко и К.Пажитных (МИФИ), моделируя на компьютере конфигурации и свойства энергонасыщенных азотных кластеров, их ансамблей и полимерных форм, рассчитали свойства полимерной немолекулярной фазы азота, имеющей периодическую Гош структуру.

Для квантово-механических исследований упругих свойств наночастиц и процессов их агломерации, выполненных В.Заводинским в Институте материаловедения ХНЦ ДВО РАН и Тихоокеанском государственном университете, использовался спин-поляризованный вариант метода-функционала электронной плотности с вычислением псевдопотенциалов.

Н.Зейн (РНЦ "Курчатовский институт") в исследованиях показал, что изучение влияния эффектов многоэлектронных корреляций на электронную структуру нанотрубок и нанопроволок с помощью метода функций Грина в синтетическом приближении способствовало значительному повышению качества расчетов по сравнению со стандартным методом функционала плотности.

Для определения оптимальных условий возбуждения вторичного свечения одиночной полупроводниковой квантовой точки в ближнем поле металлического зонда И.Рухленко, А.Федоровым и А.Барановым (Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики) экспериментально изучены зависимости межзонного матричного элемента и интенсивности люминесценции квантовой точки от ее размера и расстояния до острия зонда.

Построение теоретических моделей по данным электронной дифракции на основе моделирования их электростатического потенциала, проведенное А.Авиловым (Институт кристаллографии им. А.В.Шубникова РАН), позволило убедиться в эффективности применения электронографии для расчета физических и химических свойств кристаллов.

Применение С.Кучановым (МГУ им. М.В.Ломоносова) теории фазовых переходов Ландау для описания пространственных наноструктур с периодами в 10^2 – 10^3 нанометра в гетерополимерных жидкостях способствовало построению фазовых диаграмм и установлению связей между морфологией жидкостей и химическим составом макромолекул.

Возможность компьютерного построения поверхности скорости зародышеобразования для нанотехнологических приложений, исследованная М.Анисимовым (Институт химической кинетики и горения СО РАН), является основой теоретического описания кинетики генерации наночастиц.

Моделирование фрактальных поверхностей как фактора влияния на синтез наноразмерных пленок, проведенное Г.Лукьяновым (Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики) и В.Марголиным (Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет), выявило влияние устройств с самоаффинным рельефом на распределение энергии электрического поля под колпаком установок магнетронного напыления, приводящее к формированию на подложках металлических пленок с фрактальной структурой поверхности с нелинейной зависимостью электропроводности от температуры.

Особенности моделирования углеродных наноматериалов на примере фуллеренов, углеродных нанотрубок и графенов были представлены в докладе Е.Шека (Российский университет дружбы народов).

Основные принципы эталонной порометрии для изучения структур в максимально широком диапазоне размеров пор (от 1 до 3×10^5 нм) и методы многомасштабного моделирования влияния структуры на процессы в нанопористых катализаторах, электродах и мембранах электрохимических генераторов и накопителей энергии рассмотрены Ю.Вольфовичем (Институт физической химии и электрохимии им. А.Н.Фрумкина РАН).

Моделирование испарения капли капиллярного размера с образованием двумерных мембран из наночастиц при испарении коллоидного раствора проводилось Л.Барашом и Л.Щуром (Институт теоретической физики им. Л.Д.Ландау РАН) с использованием метода рентгеновского рассеяния на малые углы при формировании мембран у поверхности жидкость-воздух.

На основе оригинального алгоритма планирования событий на реальной шкале времени для моделирования методом Монте-Карло кинетики роста наноструктур, испарения и отжига тонких слоев на твердых подложках А.Зверевым, Н.Шварцом и З.Яновицкой (Институт физики полупроводников СО РАН) разработан программный пакет SilSim3D, позволяющий за сопоставимые с экспериментом промежутки времени имитировать широкий спектр нанотехнологических процессов в многокомпонентных физико-химических системах с числом частиц более 10^7 .

Прочность и трещиностойкость упрочненных наноструктурами композитов – тема исследования М.Перельмутера (Институт проблем механики РАН).

В докладе А.Воронцова и А.Мирзоева (Южно-Уральский госуниверситет, Челябинск) и А.Коренченко и Б.Гельчинского (Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург) были представлены результаты компьютерного моделирования образования металлических наночастиц в процессах "испарение-конденсация". Показано, что многомасштабное моделирование – не только моделирование в разных масштабах (от атомного до макроуровня), но и многоуровневое – результаты одного уровня масштабирования служат данными для последующего уровня.

Л.Паткин. rathkeen@bk.ru