

НАНОТЕХНОЛОГИИ — ПРОИЗВОДСТВУ 2004

Кто станет лидером в области нанотехнологий, тот будет впереди в экономической и военной сферах деятельности в течение многих десятилетий. Эта мысль прозвучала на открытии международной научно-практической конференции "Нанотехнологии — производству 2004", состоявшейся 8–9 декабря 2004 года в наукограде Фрязино Московской области. Отсюда и интерес, проявленный к конференции как со стороны отечественных, так и зарубежных специалистов. На конференцию приехали представители Санкт-Петербурга, Москвы и Московской области, Тамбова, Ижевска, Минска, Гомеля, а также гости из Италии и Германии.

Конференцию открыл министр Правительства Московской области В.И.Козырев, отметивший коренные изменения, которые в последние годы произошли в науке, и подчеркнувший возрастающее значение современных наукоградов. Выступивший затем глава администрации Фрязино В.И.Ухалкин выразил надежду, что возглавляемый им город, научные учреждения которого ведут успешные работы в областях СВЧ-техники, систем отображения информации, лазерных установок и других, станет центром нанотехнологий России.

В программе конференции было заявлено более 50 докладов с весьма обширной тематикой: сканирующая и атомная спектроскопия; нанопокртия; туннельно-резонансные приборы для нанoeлектроники; нанoобразцы для биологии; синтез новых веществ с участием и без участия химических реакций; нанороботы, нанокomпьютеры; твердотельная технология; нанотехнология для многопараметрических задач; приборы на основе нанотехнологий и т.п.

В развитых странах работы в области нанотехнологий свелись к проведению широких комплексных программ. Разработка наноструктур ведется в 35 странах, и в ближайшее десятилетие на эти работы будет выделено 1 млрд долл. В нашей стране также начались широкие исследования в области нанотехнологий (Москва и Подмосковье, Санкт-Петербург, Саратов, Воронеж, Томск).

Председатель Президиума Национальной академии наук Белоруссии академик П.А.Витязь, остановившийся в своем обзорном докладе на основных достижениях ученых Белоруссии, показал, что в этой стране давно и серьезно занимаются вопросами нанотехнологий. Проводится государственная программа, предусматривающая развитие нескольких направлений: нанотрубки, сверхтвердые материалы, композиционные материалы, нанодисперсные и наноструктурные слои, сенсоры и др. Основные особенности этих исследований — разработка методов математического моделирования. Создание новых материалов с заданными свойствами (сверх-

Е.Прокофьева

твердых, пленочных покрытий, композиционных, фрикционных и антифрикционных) начинается на уровне математической модели, обозначающей пути практического решения задачи. Так, найдены пути создания практически полностью износостойчивого модифицированного материала на основе бронзы с чугуном. Внимание исследователей привлекают процессы оксидирования. Показано, что эта технология может быть использована для создания наноалмазов. Получены износостойкие пленочные композиционные материалы на основе вольфрама и молибдена.

Разработан электронный микроскоп с разрешающей способностью 1 нм, позволяющий исследовать морфологию поверхности, формировать датчики.

Если в Белоруссии интенсивно ведутся научные исследования, то в России уже пытаются освоить промышленное производство транзисторов с использованием нанотехнологии (Фрязино), а также углеродных наноструктур (Санкт-Петербург). Так, докладчики от "НПП "Исток" сообщили о результатах исследований нанотехнологии при разработке и производстве СВЧ-транзисторов и монолитных интегральных схем. Были рассмотрены методы электронной литографии, стимулированного плазмой осаждения пленок диэлектриков из паровой фазы, сухого плазменного травления и прецизионного анизотропного химического травления. А.Н.Королёв, генеральный директор предприятия, где развернута линия по производству транзисторов на базе нанотехнологии, уже сегодня готов предоставить базу для перехода от науки к производству в сфере нанотехнологий.

Совместная работа "НПП "Исток" и МГУ завершилась созданием сверхточной электронной пушки с автоэмиссионным катодом на основе наноструктурного углерода. Показано, что при сравнительно небольших значениях электрического поля, приложенного к углеродным материалам с развитой структурой поверхности (нанотрубки, фуллерены, нанокластеры, выращенный методом химического осаждения из паровой фазы алмаз и др.), можно получить автоэлектронную эмиссию. Наноуглерод оказался малочувствительным к ионной бомбардировке и сохранял эмиссию в техническом вакууме (в отличие от катодов Спиндта). При этом достигнуты рекордные значения плотности тока — до 1 А/см², что позволит создать сверхточные электронные пушки как для СВЧ-приборов, так и для других применений.

Перспективам использования углеродных нанотрубок в электронике был посвящен доклад специалистов Института радиотехники и электроники РАН (Фрязино). Исследования автоэлектронной эмиссии планарных слоев с углеродными трубками показали возможность получения эмиссионного тока с плотностью до 100 мА/см² при среднем значении электрического поля 2–4 В/мкм. В докладе рассмотрены перспективные практические применения планарных автоэлектронных эмиттеров на основе углеродных нанотрубок,



в том числе плоские вакуумные эмиссионные дисплеи, миниатюрные рентгеновские трубки и т.п.

В качестве перспективного направления исследований обсуждалась возможность разработки и создания элементной базы электроники на основе явления спинового транспорта в магнитных переходах с наноразмерными слоями (Ю.В.Гуляев, П.Е.Зильберман, А.Н.Королев, А.В.Медведь, Н.Д.Урсуляк). В докладе даны основные понятия и задачи спинтроники (составная часть наноэлектроники), проанализировано современное состояние исследований в этой области в мире и в России, рассмотрены перспективы ее развития.

Влияние дисперсности исходных материалов на оптико-физические параметры люминофоров – главная тема доклада Н.П.Сощина, В.Н.Личманова, В.А.Большухина (ФГУП НИИ "Платан", г. Фрязино). Экспериментальным путем было установлено, что кроме традиционных механизмов влияния (учета поверхностного нарушенного слоя люминофора) существуют и другие механизмы, связанные с наличием квантово-размерных объектов (структуры зерен люминофора, а также структурных дефектов зерна). Проведенные исследования легли в основу промышленной технологии синтеза люминофоров.

Конференция показала широкие перспективы применения наноструктур в различных областях науки и техники: ракетно-космической технике нового поколения, авиационных системах, автомобилестроении, транспорте, атомной энергетике, приборах для радиосистем миллиметрового диапазона, автоэмиссионных катодах для сильноточной электроники и другой элементной базе микро- и наноэлектроники, квазиодномерных квантовых проводках, высококачественной керамике, текстильной, медицинской и фармацевтической отраслях промышленности. Привлекают как возможности повышения механических свойств конструкционных материалов, так и размерные характеристики изделий нанотехнологий (например, создание зондов с минимальными размерами), а также возможность реализации уникальных технических характеристик.

Интерес вызвал доклад генерального директора концерна "Наноиндустрия" М.А.Ананяна. Основная задача концерна, сообщил докладчик, – сформировать критическую массу научно-технических разработок, финансовых, кадровых и других ресурсов, необходимых для развития принципиально новой отрасли промышленности – наноиндустрии. Сейчас проводится комплексно-целевая программа "Создание и развитие базы наноиндустрии", включающая в себя такие проблемы, как:

- создание специального технического оборудования;
- разработка нанометрологии;
- исследование нанотехнологических процессов и материалов;
- изучение химии наносистем;
- формирование наноразмерных компонентов;
- создание нано- и микророботов;
- проблемы наноэнергетики;
- исследования в области нанобиологии и наномедицины;
- вопросы наноэкологии.

В Технологическом институте новых и сверхтвердых углеродных материалов г.Троицка создан уникальный сканирующий прибор для исследования поверхности наноструктур – NANOSCAN, с помощью которого можно исследовать образец диаметром до 100 мкм и массой 100 г. При этом размер поля сканирования по горизонтали – до 10 мкм, шаг – порядка 1 нм. По вертикали размер окна сканирования достигает 5 мкм, шаг 0,1 нм. Особенность "наносканера" – сверхтвердый зонд, превосходящий по жесткости на несколько порядков стандартные зонды, работающие в режиме резонанса.

Ученые Центра по исследованию поверхности и вакуума (Москва) сообщили о разработке лазерного силового микроскопа, кото-

рый можно будет использовать для метрологической аттестации эталонов сравнения с целью создания метрологической системы передачи пользователем размера в 1 нм. При современном состоянии научных исследований в области нанотехнологий можно себе представить, насколько эта работа "опережает события". Тем большую ценность представляют усилия инициаторов-разработчиков этого направления.

Специалисты Госстандарта России (НИЦПВ) сообщили о создании нескольких приборов для измерения линейных размеров в нанодиапазоне и калибровки измерительной аппаратуры, используемой в нанотехнологиях. Один из них – лазерный измеритель наноперемещений, способный измерять линейные перемещения в реальном времени в диапазоне 1–10 нм с дискретностью отсчета 0,1 нм и абсолютной погрешностью измерений 0,5–3 нм (в зависимости от диапазона). Максимальное значение измеряемой скорости перемещения объекта – 3 мм/с. Измеритель сможет найти применение для калибровки систем сканирования и позиционирования в растровой электронной и зондовой микроскопии.

Институтом общей физики РАН и НИЦПВ совместно создана трехмерная шаговая эталонная мера линейных размеров – МШПС-2.ОК, предназначенная для калибровки измерительной аппаратуры. Номинальный размер шага 2000 нм, ширина линии 30–1500 нм, глубина рельефа ±1%. Время калибровки 5 мин.

На конференции отмечалось, что уже сегодня создан международный концерн с широкой кооперацией научных специалистов. Подписаны договоры с Мюнхеном, Китаем, Италией. И что важно, разработчики думают о будущих специалистах и современных методах их обучения. Принято решение о подготовке специалистов по нанотехнологиям в вузах России. В ЗАО "НТ-МДТ" (г.Зеленоград) создана учебно-научная лаборатория сканирующей зондовой микроскопии NanoEduktor, для которой разработано и изготовлено уникальное научное лабораторное оборудование на базе сканирующего зондового микроскопа в нанометровом масштабе и учебно-методическое обеспечение. Кроме базовых микроскопов, которые специально приспособлены для учебного процесса, лаборатория располагает учебным пособием по основам сканирующей зондовой микроскопии, спектроскопии и нанолитографии, а также лабораторным практикумом с набором учебных образцов. Оборудование рассчитано на студенческую аудиторию. Процесс обучения и освоения методик – поэтапный. Такая хорошо оснащенная научная лаборатория не только позволяет готовить высококвалифицированные кадры, но и проводить научные исследования в следующих областях:

- биологии (клетки, вирусы бактерии);
- материаловедения (металлы, полупроводники, диэлектрики, композиционные материалы, полимеры);
- устройств хранения информации;
- микро- и наноструктур (дифракционные решетки);
- контроля деталей, изготовленных по МЭМС-технологии.

Создание этой уникальной учебной лаборатории стало возможным благодаря поддержке проекта нобелевским лауреатом академиком Ж.И.Алферовым, Министерством промышленности и науки и Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

На конференции отмечалось, что по уровню ряда исследований Россия превосходит западные страны. Для прорыва необходимо: провести инвентаризацию результатов исследований; объединить усилия разработчиков разных исследовательских групп; позаботиться о подготовке специалистов с системным мышлением.

Главная задача сегодня – разработать государственную программу работ в этом важнейшем направлении. ○