

Таиров Юрий Михайлович

НАНОТЕХНОЛОГИИ

Под нанотехнологией понимается создание и использование материалов, устройств и систем, структура которых регулируется в нанометровом масштабе (10^{-9} метра), то есть в диапазоне размеров атомов, молекул и надмолекулярных образований. Нанотехнология позволяет формировать на основе таких объектов, созданных искусственным путем, более крупные структуры с новыми физическими, химическими, биологическими и другими свойствами.

Приведем хорошо известный пример, реализуемый в естественных условиях: углерод – шестой элемент периодической системы Менделеева в природе встречается в виде аллотропных модификаций – графита и алмаза, обладающих совершенно различными свойствами. Так распорядилась



природа на наноуровне. За счет образования различных кристаллических фаз вещества одинакового химического состава графит и алмаз обладают диаметрально различными свойствами (твердость, прозрачность и др.). В качестве еще одного примера можно привести карбид кремния – полупроводниковый материал, в состав которого входят два элемента – углерод и кремний. В зависимости от условий выращивания кристаллов карбида кремния, могут

быть получены разные политипные модификации, обладающие различными электрофизическими свойствами. Сегодня известно свыше 150 политипов карбидов кремния – материалов одного химического состава, но благодаря разному кристаллическому строению, обладающих различными электрофизическими свойствами.

Можно привести еще один пример из далекого прошлого, когда на подступах к нанотехнологии удавалось качественно изменять свойства материалов. В средние века фарфор высокого качества производился только в Китае. Стоимость китайского фарфора была очень высока, и европейские монархи стремились овладеть секретом его изготовления. Саксонский король Август даже держал под замком своих ученых алхимиков до тех пор, пока они не разгадают этот секрет.

Что же на самом деле представлял секрет изготовления фарфора высокого качества?

Компоненты, из которых изготавливался фарфор, были известны. Секретом являлось то, что перед смешиванием и обжигом они должны быть путем тщательного измельчения переведены в мелкодисперсное состояние с минимальным размером частиц.

Китайские мастера экспериментально установили это тысячелетия тому назад и строго охраняли этот секрет. В Европе также экспериментально это поняли только в средние века. В процессе измельчения вещества поверхность мелкодисперсных зерен активизируется, отношение площади поверхности к объему материала увеличива-

ется, и при спекании частиц создается фарфор с улучшенными свойствами.

На самом деле под нанотехнологией понимается нечто другое, при этом технологический процесс направлен не сверху вниз (когда достаточно крупные объекты превращаются в частицы наноразмеров и из них формируются вещества с требуемыми свойствами), а осуществляется снизу вверх. В этом случае из частиц наноразмеров, в том числе атомов или молекул, «строятся» структуры вещества с заданными свойствами. Впервые эту идею в 1959 году высказал нобелевский лауреат Ричард Фейнман.

В своей публичной лекции, которую он озаглавил «Внизу полным-полно свободных мест», он высказал идею: когда мы научимся управлять возможностью выстраивать наночастицы (атомы, молекулы и др.) по определенным законам, то мы сможем управлять процессом получения вещества с нужными свойствами. В 1959 году это казалось фантастикой. Думаю, что аудитория воспринимала лекцию Фейнмана приблизительно так же, как в свое время воспринимались романы Жюль Верна. Идеи Фейнмана могли быть реализованы только после



того, как появился инструмент («глаза» и «руки»), с помощью которого можно видеть то, что происходит на наноуровне, и управлять этим процессом – осуществлять механические пере-

мещения наночастиц на нанорасстояния. Когда в начале 80-х были созданы первые сканирующие туннельные и атомно-силовые микроскопы, такая возможность появилась, и из атомов и молекул начали создавать материалы и структуры с необходимыми свойствами.

Так методами нанотехнологии были получены углеродные трубки, из которых можно получать вещества, обладающие уникальными свойствами. Прочность таких веществ может быть значительно больше, чем у стали, а удельный вес в 5 и более раз

легче. Появляется возможность создавать облегченные более прочные конструкции, автомобили и многое другое.

Не менее впечатляюще первые результаты внедрения нанотехнологии в биологию и медицину. Установлено, что наночастицы способны избирательно проникать в раковые клетки и поражать их. Наноструктуры в электронике смогут в миллионы раз повышать быстродействие ЭВМ и т. д.

Следует иметь в виду, что свойства веществ и материалов, образованных из частиц наноразмеров в объемной фазе не определяются однозначно. Изменение свойств определяется не только уменьшением размеров самих частиц, но и проявлением квантовомеханических эффектов, волновой природой процесса переноса. Очень важную роль играют поверхности раздела.

Получая материалы и системы с принципиально новыми свойствами, нанотехнология сможет обеспечить прогресс практически во всех областях деятельности человека, а также привести к появлению несуществующих сегодня областей.

Можно утверждать, что в XXI веке нанотехнология обеспечит прогресс человечества во всех существующих областях деятельности, приведет к кардинальному изменению промышленных технологий, а также вызовет кардинальные преобразования в организации систем энергоснабжения, охране окружающей среды, вычислительной технике, связи, образовании и многом другом.

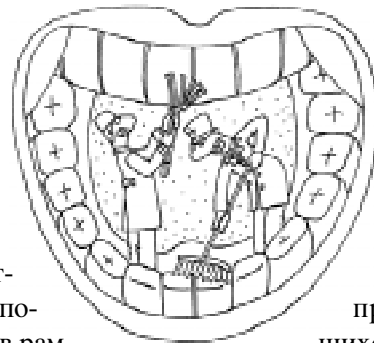
Успешное развитие нанотехнологии в нашей стране возможно при подготовке соответствующих высококвалифицированных кадров.



Подготовка научных и инженерных кадров в области нанотехнологии для исследовательских центров и промышленности является одной из важнейших задач отечественной высшей школы. Благодаря инициативе Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета (ЛЭТИ), Московского государственного института электронной техники (Технический университет МИЭТ) и Московского государственного института стали и сплавов (Технический университет) два года назад было открыто новое направление подготовки кадров – «Нанотехнология». В рамках этого направления может осуществляться подготовка специалистов по двухуровневой системе бакалавр–магистр, а также подготовка специалистов по наноматериалам и нанотехнологии в электронике. Для разработки стандартов, учебных планов, программ дисциплин, планов издания учебной литературы был образован учебно-методический совет по нанотехнологии на базе учебно-методического объединения при СПГЭТУ. Совет возглавил лауреат нобелевской премии вице-президент РАН академик Алферов Ж.И., а в состав совета вошли ведущие российские ученые в области нанотехнологии, представляющие вузы и научные центры, которые начали подготовку кадров в данном направлении. Кроме того, были сформированы учебно-методические комиссии, осуществляющие методическое обеспечение подготовки специалистов в области:

1 – нанотехнологии в электронике на базе МИЭТ;

2 – наноматериалов на базе МИСИС. Вполне вероятно, что в недалеком будущем появятся новые специальности в рам-



ках направления нанотехнологии, такие как нанотехнология в медицине и, возможно, другие. К настоящему времени подготовка специалистов по нанотехнологии в электронике ведется в 10 вузах России, а по наноматериалам – в 6.

Подготовка кадров по направлению «Нанотехнология» может осуществляться в вузах, оснащенных современной аналитической и технологической учебно-лабораторной базой в нанобласти (10^{-9} – 10^{-7} метра). Таких вузов в России в настоящее время немного. Как временный выход из данного положения региональные центры коллективного пользования по «нанотехнологии» используются как учебно-лабораторная база для вузов, участвующих в подготовке кадров в данном направлении.

Одной из актуальных проблем организации учебного процесса является издание учебно-методической литературы по дисциплинам учебного плана. В ряде вузов (ЛЭТИ, МИЭТ, МИСИС, НЭТИ и др.) изданы первые монографии и учебные пособия по ряду дисциплин учебного плана. Одной из важных задач учебно-методического совета и комиссий является отбор лучших из них и рекомендация их использования в учебном процессе всеми вузами, осуществляющими подготовку кадров в области нанотехнологии. Первые выпуски специалистов в области нанотехнологии в ряде вузов состоятся через один год, а через 2–3 года и в других вузах, участвующих в подготовке специалистов в данном направлении.

Очень важно, что уже сегодня заявки на таких специалистов от научных центров и промышленных организаций превышают количество готовящихся по данному направлению.

Таиров Юрий Михайлович,
доктор технических наук,
профессор, Заслуженный деятель
науки и техники России, заведующий
кафедрой микроэлектроники Санкт-Петербургского Государственного
Электротехнического Университета
(ЛЭТИ).



Наши авторы, 2005.
Our authors, 2005.