

При этом результаты, полученные при воспроизведении на имитационной модели рассматриваемого процесса, являются случайными реализациями. Поэтому для нахождения объективных и устойчивых характеристик процесса требуется его многократное воспроизведение, с последующей статистической обработкой полученных данных. Именно поэтому исследование сложных процессов и систем, подверженных случайным возмущениям, с помощью имитационного моделирования принято называть статистическим моделированием.

УДК 535.373 + 539.2 + 541.14

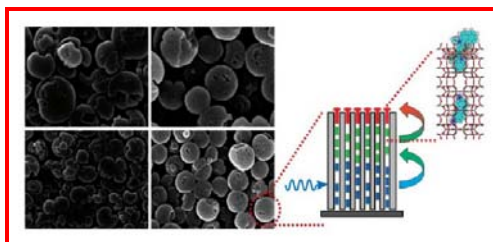
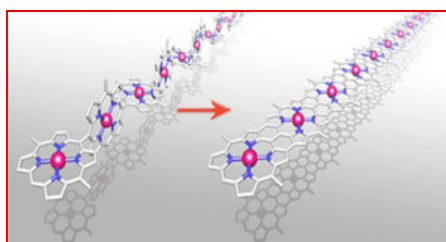
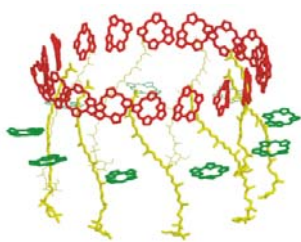
НАНОТЕХНОЛОГИИ: ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ, МОДЕЛИРОВАНИЕ НАНОСТРУКТУР И ПРОЦЕССОВ В НИХ

Зенькевич Э.И.

Белорусский национальный технический университет

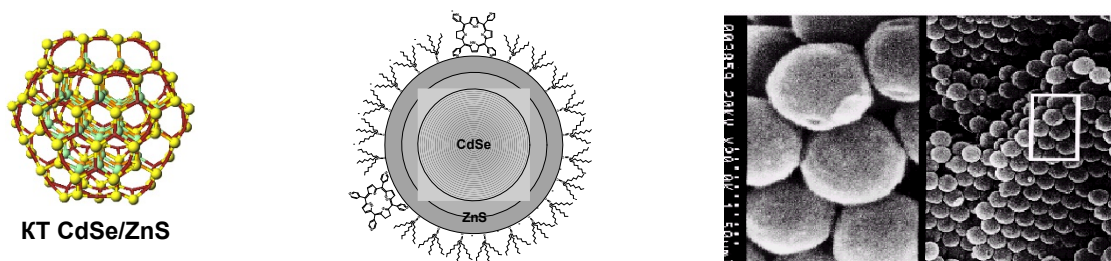
В соответствии с решениями Европейской академии технологических исследований и Британской Королевской инженерной академии нанотехнология – это совокупность процессов, позволяющих создавать и изучать устройства и материалы на атомарном, молекулярном или макромолекулярном уровне с размерами ≤ 100 нм, свойства которых существенно отличаются от таковых для более крупных структур. Принципиальными свойствами наноструктур являются самоорганизация и специфическая зависимость их физико-химических характеристик от размеров. Кроме того, резкое возрастание отношения поверхность/объем в наноструктурах различного типа (полупроводниковые нанокристаллы, углеродные нанотрубки, наноалмазы) обеспечивает формирование уникальных электрических, магнитных, оптических, физико-химических и механических свойств такого рода объектов.

Наноструктуры являются неотъемлемой частью природного мира и современного технологического прогресса. С появлением новых экспериментальных методов исследования (зондовые сканирующие микроскопы, рентгеноскопия под малыми углами, атомная силовая спектроскопия и т.д.) в сочетании с развитием современных методов компьютерного моделирования (основанного на использовании знаний из области квантовой механики, квантовой химии, фотоники релаксационных процессов и т.д.), а также техники спектрально-кинетических измерений (спектроскопия одиночных молекул, пико- и фемтосекундная транзитная спектроскопия) появились уникальные возможности понимания как механизмов формирования наноструктур, так и основных принципов их функционирования.

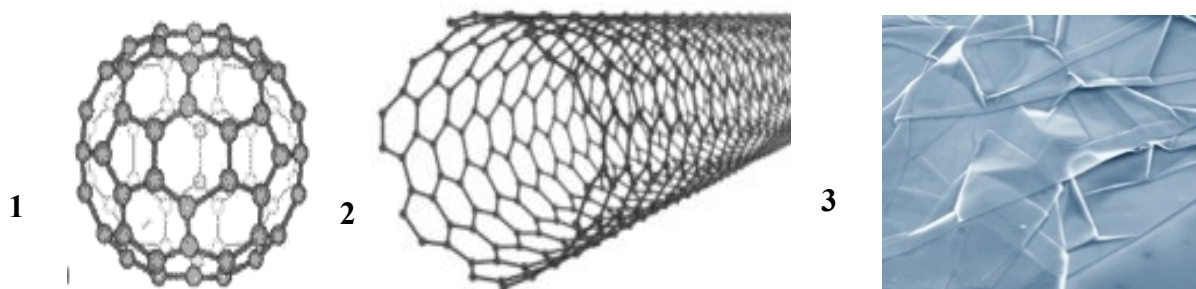


В течение последних 15 лет получен ряд новых экспериментальных и теоретических результатов, касающихся структурных свойств и фотоники природных фотосинтезирующих наноструктур *in vivo* (зеленые растения и бактерии). В таких наноструктурах молекулы пигментов (хлорофиллы, каротеноиды и др.) нековалентно связаны с различными белками и образуют наноразмерные (≤ 100 нм) пигмент-белковые комплексы различного типа, имеющие строгую структурную и энергетическую организацию, определяющую их функциональные свойства: поглощение солнечного света и быструю (в пикосекундном интервале времен) эффективную миграцию энергии электронного возбуждения к реакционным центрам фотосинтеза. На основе понимания природных принципов самосборки биоструктур разработаны и реализованы способы формирования искусственных супрамолекулярных наноструктур, перспективных в современной нанофотовольтаике и наносенсорике.

К настоящему времени созданы и исследуются искусственные нанообъекты различной природы и морфологии. Одним из примеров наноструктур являются полупроводниковые квантовые точки (КТ), например, CdSe/ZnS, размеры которых по всем трем направлениям сравнимы или меньше Боровского радиуса экситона, что приводит к зависимости спектральных свойств КТ от её радиуса (условия квантового ограничения). КТ характеризуются высокими светоизлучающими свойствами, используются в качестве зондов в медицине и биологии, а также являются перспективными кандидатами для разработки лазеров, микросхем и квантовых информационных устройств.



Фотонные кристаллы (ФК) – это структуры с фотонной запрещенной зоной или среды, у которых диэлектрическая проницаемость периодически меняется в пространстве с периодом, допускающим брэгговскую дифракцию света (например, кристаллы опала). Применения ФК: создание световедущих каналов для передаваемой частоты за счет наличия «запрещенной зоны», спектральное разделение каналов, кросс для световых потоков, необходимый при создании светового компьютера и световых компьютерных чипов. Широко исследуются и находят практическое применение углеродные наноструктуры с различной аллотропией (фуллерены (1), углеродные нанотрубки (2), графен (3) и наноалмазы). Благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам и наноразмерным эффектам, они находят применения в различных областях: нанoeлектроника, нанoфотовольтаика, квантовые компьютеры, наносенсорика, нанокатализ, нанобиомедицина.



Сегодня мир осваивает 6-й технологический уклад НБИК (Нано-Био-Инфо-Когно). Его основу составляют нанотехнологии и наноматериалы, разработкой и использованием которых занимаются все страны, претендующие на позиции мировых лидеров. Они включают несколько стремительно развивающихся направлений нанонауки и нанотехнологий и открывают множество перспективных приложений в нанoeлектронике и нанoфотонике (оптические волноводы, лазеры, фотовольтаика, вычислительные гейты в квантовых компьютерах) и нанобиотехнологиях (нанокапсулирование лекарств, фотодинамическая терапия онкозаболеваний, нанодиагностика, нанобиосенсорика, биомаркеры, биочипы и т.д.), связанных прежде всего с улучшением качества жизни людей.

На данном этапе нанотехнологии приобретают все большую экономическую значимость, в том числе становясь глобальным фактором формирования рынка изделий, товаров и услуг, включая подготовку специалистов. Кроме того, во всех промышленно развитых странах национальные программы в области нанотехнологий ориентированы не только на научную

или военную сферы, а рассматриваются как фактор социально-экономического развития страны применительно к повышению образовательного уровня населения, создания дополнительных рабочих мест высокой квалификации, развития сферы оказания социальных услуг населению с использованием новейших материалов и технологий. Так, в России в соответствии с Президентской инициативой «Стратегия развития nanoиндустрии» (пр. № 688 от 24.04.2007) стремительными темпами создаются надотраслевая научно-образовательная и производственная сферы с целью построения нового технологического базиса экономики страны в ближайшие 10-15 лет, каждый год готовится не менее 110-150 тыс. специалистов в этой области.

Применительно к Беларуси также требуется адекватная реакция в виде принятия срочных мер по развитию специального образования в области нанотехнологий. При этом необходимо учитывать две особенности существующей нанотехнологической отрасли науки и промышленности.

С одной стороны, в нашей республике существует явно выраженная тенденция по развитию фундаментальных и прикладных исследований, а также инновационных разработок, связанных с созданием новых нанотехнологий и наноматериалов. Это обусловлено высоким уровнем развития науки в целом, наличием высокотехнологичных, наукоемких производств, сохранившимися плодотворными связями с учеными стран ближнего и дальнего зарубежья, где нанотехнологическое направление интенсивно финансируется и развивается. В республике 6 лет действовала национальная программа «Нанотехнологии и наноматериалы», продвигать достижения белорусских ученых помогает и действующая с 2010 года – совместная программа НАН Беларуси и Российского космического агентства «Нанотехнологии Союзного государства». По данным организации Tomson Scientific, по совокупному цитированию Беларусь занимает в области нанокристаллов 20-е место, фотоники в целом – 16-е место, а в области фотонных кристаллов – 6-е место в мировом рейтинге.

С другой стороны, в Беларуси к настоящему времени не сформирована целостная система передачи полученных научных результатов от ученых к промышленности, а также система подготовки и переподготовки кадров, которые обеспечили бы опережающее развитие нанотехнологического направления (в науке, технике, технологии) и быстрое внедрение результатов этого развития в хозяйство республики. Процесс nanoобразования в Беларуси не стоит на месте, однако решение этой проблемы носит пока не связанный и не сбалансированный характер. Как известно, в “nano-” различают такие понятия как nanoнаука, nanoтехнологии и nanoинженерия. Nanoнаука занимается фундаментальными исследованиями свойств наноматериалов и явлений в нанометровом масштабе, nanoтехнология – созданием nano-структур, nanoинженерия – поиском эффективных методов их практического использования. С учетом этих факторов представителями Министерства образования и Национальной академии наук Беларуси был подготовлен Проект «Концепция развития и освоения nanoтехнологий и наноматериалов в Республике Беларусь» (2011 г.), на основании которого Министерством экономики РБ в соответствии с пунктом 28 постановления Совета Министров Республики Беларусь и Национального банка Республики Беларусь от 12 апреля 2012 г. №328/9 разработана «Концепция формирования и развития nanoиндустрии в Республике Беларусь». Реализация предложенной концепции должна позволить выйти на основные показатели, предусмотренные в Стратегии технологического развития Республики Беларусь на период до 2015 года, утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 01.10.2010 № 1420. Кадры высшей научной квалификации в этой области – докторов и кандидатов наук, сегодня готовят в университетах и организациях НАН Беларуси исключительно для собственного использования. На данном этапе научные и прикладные исследования в этом направлении проводятся в рамках Государственной программы научных исследований на 2011– 2015 годы «Конвергенция» (Междисциплинарные научные исследования, новые зарождающиеся технологии как основа устойчивого инновационного развития).

Таким образом, развитие современных направлений в nanoтехнологии, интегрирующей знания и навыки из многих дисциплин в новом сочетании, требует проведения определенных мероприятий по подготовке специалистов. При этом акцент должен быть направлен на муль-

тидисциплинарное фундаментальное образование, для чего необходимо создание оригинальных спецкурсов, спецпрактикумов, магистерских образовательных программ. Наиболее полно эта задача решается в БГУИР по подготовке специалистов для электроники (инженеры, магистры, кандидаты и доктора наук). Начата подготовка инженеров и в БНТУ – в рамках специализации «Микро- и наносистемная техника». Требуется дополнительное развитие начатая в БГУ подготовка специалистов в области нанобиофизики. Актуальна отсутствующая пока в республике подготовка специалистов для химического, текстильного, машино- и приборостроительного производств, сельского хозяйства, а также для фармацевтики, медицины и экологии.

На данном этапе можно полагать, что основные функции ВУЗов республики, способных проводить научно-образовательную и инновационную деятельность в сфере наноиндустрии, должны быть ориентированы на решение двух взаимосвязанных задач:

– интеграция научной и образовательной деятельности на всех уровнях высшего и послевузовского профессионального образования с целью выполнения исследований и разработок, соответствующих мировому уровню;

– обеспечение взаимодействия с академическими и отраслевыми секторами науки, включая привлечение ученых и специалистов к образовательной деятельности.

Целесообразным также представляется разработка и чтение курса лекций по нанотехнологиям для переподготовки специалистов и преподавателей. Такой курс призван с одной стороны максимально широко отразить особенности физики наноструктур, с другой — выявить общие закономерности, лежащие в основе процессов, протекающих в системах с пониженной размерностью. Он может рассматриваться как базовый для последующих курсов по нанoeлектронике, методам создания наноструктур и наноматериалов, методам диагностики наноструктур и наноматериалов, фундаментальным основам нанотехнологий.

Важно отметить, что междисциплинарный характер нанотехнологий требует применения целого спектра самых современных знаний из множества областей (физики, химии, математики, биологии, материаловедения, электроники, экономики, компьютерных технологий, менеджмента, инженерии, медицины и многих других дисциплин). Поэтому экономически целесообразным представляется объединение ведущих высших учебных заведений республики (БГУ, БГУИР, ГрГУ им. Я. Купалы, БНТУ и БГТУ) заинтересованных учреждений НАН Беларуси по проведению научных исследований, подготовки и переподготовки кадров в области наук о наносистемах, наноматериалах и нанотехнологиях с обязательным обеспечением истинной междисциплинарности образования по этим направлениям с широким использованием современных компьютерных технологий. Практическим решением этой комплексной проблемы может быть создание Научно-учебного производственного Центра нанотехнологий при одном из ведущих университетов республики с привлечением известных специалистов из НАН Беларуси в качестве лекторов, преподавателей и соисполнителей научных и прикладных исследований.

Все это в целом должно способствовать решению стратегической задачи – созданию национальной программы обучения в тех областях наноиндустрии, которые развиваются в республике, с целью формирования единой технологической культуры нового поколения и подготовки необходимого количества дипломированных специалистов различного уровня.

УДК 339

О ТРЕЩИНОВАТОСТИ МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИИ АЛМАЛЫКСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ И ЕЕ ЗНАЧЕНИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КАРЬЕРОВ

Исоматов Ю.П., Таикулов А.А.

Алмалыкский филиал ТаиГТУ

На площади месторождений Алмалыкского рудного поля распространены массивы горных пород кварцевых порфиров, спенито-диоритов и гранодиоритов – порфиров и др. [1].