

П. А. Витязь, академик, НАН Беларуси; Н. А. Свидунович, д-р. техн. наук, профессор,
Д. В. Куис, канд. техн. наук, БГТУ

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НАНОМАТЕРИАЛОВ

There was carried out the analyses of the seal of the problem the development permeation and usage of nanomaterials and nanotechnologies. The main tendencies towards the development of nanomaterials and nanotechnologies in the Republic of Belarus and abroad are displayed below.

Любая научно-техническая система развивается по определенным законам: знания накапливаются, потом они трансформируются в технологии, которые приводят к новым видам производства, и наука, в свою очередь, получает новые импульсы. Но из-за того, что разные части системы развиваются с разной скоростью, возникают естественные «конфликты», которые разрешаются переходом системы на качественно новый уровень. Чаще всего подобный переход совершается революционным путем. В качестве примера можно привести замену классической модели мира, созданной во времена Ньютона, на квантовую картину мира, которая возникла во многом благодаря открытиям Резерфорда и Бора. Итогом стала научно-техническая революция, получившая название «Атомный проект». От фундаментальных исследований перешли к ускорителям, от ускорителей – к атомной бомбе, от атомной бомбы – к атомным реакторам. В результате этой научной революции появилась новая наука, новая энергетика, новые виды вооружений и в конечном итоге принципиально новое геополитическое лицо мира.

Вспомним этапы познания человеком окружающего мира. Еще 300 лет назад в глазах ученых природа была едина и неделима, наука об окружающем мире называлась естествознанием, а ученый, который пытался этот мир изучать, – естествоиспытателем. Постепенно из этого непознанного целого, по мере развития средств изучения окружающего мира, человек начал вычленять сегменты, доступные для анализа. Таким образом, формировались различные научные дисциплины: математика, физика, химия, биология, геология и т. д. Следующим этапом стала еще более узкая специализация, и в результате на сегодняшний день существуют сотни различных узкоспециальных направлений в науке. Двигаясь по пути все более углубленного анализа окружающего мира, человечество создавало узкоспециализированные области в науке и образовании, определившие, в том числе, и отраслевой принцип развития экономики.

Важно отметить, что, продвигаясь по пути узкой специализации, человечество достигло колоссальных результатов. Все, что сегодня создано в области материальной жизни, мы имеем благодаря этой узкоспециализированной системе науки и образования.

Но, с другой стороны, мы зашли в некий тупик, потеряв видение целостной картины мира. Как уже говорилось, создание узкоспециальной системы науки, в свою очередь, определило отраслевой принцип построения экономики. На первом этапе развития все производство состояло из отраслевых технологий: деревообработка, добыча полезных ископаемых, металлургия и др. На следующем этапе появились более сложные «межотраслевые интегрированные» технологии: микроэлектроника, авиация, космонавтика, сложное машиностроение. Однако отраслевой характер экономики сохранялся.

В последней четверти 20 века на арену вышли информационные технологии, имеющие надотраслевой характер, т. к. они применяются абсолютно во всех отраслях науки и производства. Информационные технологии явились неким обручем, который объединил все межотраслевые науки. И совсем недавно появились нанотехнологии, внутренняя логика развития которых призвана соединить существующую межотраслевую науку и технологии в единую картину естествознания, но уже на новом, атомном уровне.

Появление нанотехнологий, составляющих основу новой научно-технологической революции, в корне изменит окружающий нас мир, нашу жизнь. Но в отличие от информационных технологий наносфера материальна. Нанотехнологии – это базовый приоритет для всех существующих отраслей, которые изменят и сами информационные технологии. В этом заключается синергизм новой системы.

Сто лет назад главная цель науки заключалась в стремлении понять, проанализировать, каким образом устроен окружающий мир. Так, новыми измерительными средствами и приборами можно было, например, измерить углы между гранями кристалла – минерала, определить коэффициент преломления. Затем, благодаря открытию рентгеновского излучения и рентгеновской дифракции, стала «видна» трехмерная структура окружающего нас мира, состоящая из отдельных атомов и молекул.

В дальнейшем человечество продолжало двигаться по этому пути анализа уже в область микромира. Физика элементарных частиц, физика ускорителей, ядерная физика определили лицо цивилизации в 20 веке.

В середине прошлого столетия, когда появилась возможность манипулировать атомами, молекулами, ученые начали конструировать из них новые вещества. Были созданы искусственные материалы, хорошо известные нам сегодня: полупроводниковые кристаллы кремния, германия, арсенида галлия и другие, диэлектрические кристаллы, в частности лазерные, и даже такие материалы, которые обладают свойствами, не существующими у природных веществ. Большие успехи были достигнуты и в органическом материаловедении – создан синтетический каучук, целый ряд полимеров и других биоорганических объектов. Таким образом, в середине прошлого столетия наряду с основной линией развития науки – анализом, начала формироваться новая линия – линия синтеза, когда человечество руками и разумом ученых начало синтезировать искусственные материалы.

Фактически сегодня мы живем при смене парадигмы развития науки. Стало очевидно, что наши знания о мироустройстве достигли такого уровня, что мы способны исследовать практически все. Мы можем высадиться и погулять по Луне, жить автономно много месяцев в космическом корабле или в подводной лодке подо льдами океана. Мы даже можем найти панацею от многих болезней, но это все потребует огромного количества средств – как материальных, так и интеллектуальных. Главная же проблема заключается в том, что ресурсы ограничены.

Отсюда возникает новая постановка проблемы – нужна строго выстроенная система приоритетов. Существуют тысячи задач, но сегодня, используя те ресурсы, которыми мы располагаем, можно решить лишь малую их часть. Поэтому мы должны из этого множества задач выбрать наиболее приоритетные и сконцентрировать на них усилия.

В целом основная тенденция развития сегодняшней науки связана с возвратом к единой, целостной картине мира. Выделим важнейшие, с нашей точки зрения, черты современного этапа развития научной сферы:

- переход к наноразмеру (технологии атомно-молекулярного конструирования);
- междисциплинарность научных исследований;
- сближение органического (живой природы) и неорганического (металлы, полупроводники и т. д.) миров.

Рассмотрим, к примеру, наиболее выдающиеся технологические достижения в твердотельной микроэлектронике – создание метода молекулярных пучков, или метода молекулярно-лучевой эпитаксии, основу которого составляет высоковакуумная камера, в которой есть источники атомов. Манипулируя потоками атомов разного сорта, можно «посадить» на кристалл,

слой за слоем, контролируемым образом различные атомы и построить нужную полупроводниковую структуру. Аналогичный метод для конструирования тонких органических пленок (метод Лэнгмюра – Блоджетт) известен уже давно. В этом смысле мы видим полную аналогию процессов конструирования органических и неорганических материалов и сближение технологических достижений в неорганике с реалиями природного мира органики.

Создание неорганических наноструктур с квантовыми точками – еще одно важное достижение в неорганическом (полупроводниковом) материаловедении. В основе формирования этих структур лежит принцип самоорганизации, а принцип самоорганизации – это базовый принцип живой природы.

В течение полувека развития твердотельной микроэлектроники на базе полупроводниковых кристаллов человечество, создав компьютер, подошло к принципам, используемым живой природой. Но мы не смогли создать биокомпьютер, моделирующий человеческий мозг, поскольку биологические структуры крайне сложны и в то же время плохо изучены. Так, в элементарной ячейке кристалла белка насчитываются сотни тысяч атомов. Значительно проще было взять в качестве модели простой кристалл кремния, в котором всего восемь атомов в элементарной ячейке. За десятилетия экспериментов с этими восемью атомами наука очень далеко продвинулась, что дало возможность создать современные компьютеры и информационные технологии. Одновременно с этим очевиден значительный прогресс в изучении структуры биоорганических объектов и принципов их функционирования.

Фактически, теперь мы можем заниматься атомно-молекулярной архитектурой. Например, создавать бислои – модели мембраны человеческих клеток и изучать их взаимодействие со свободными радикалами, приводящее к старению. Или исследовать взаимодействие мембраны с лекарствами, и даже создавать нанолечения и заниматься нанодиагностикой. Наномембраны уже широко используются в промышленности и в быту для очистки воздуха и разных растворов, питьевой воды, а в медицине – для выделения различных вирусов и гемодиализа. Можно создавать разнообразные нанопленки, структуры с разными свойствами – полупроводники, изоляторы, электропроводящие слои, а также углеродные нанотрубки – сверхлегкие и сверхпрочные, область применения которых невероятно широка – от создания новых веществ в их полости и доставки лекарств в нужное место в организме до построения сверхпрочного космического лифта.

По сути, мы находимся на пороге создания принципиально новых наноприборов и систем

бионического характера, в первую очередь на базе технологий твердотельной микроэлектроники, сочетаемых с возможностями нанобиоорганических систем. Например, всем известные приборы «ночного видения». Для их изготовления были специально разработаны материалы на базе монокристаллов теллурида кадмия, но процесс их синтеза весьма энерго- и ресурсоемкий. Между тем в живой природе у ряда животных (например, у змей) имеются подобные «биодатчики». Благодаря достижениям нанобиотехнологий возможно выделить стволовые клетки из такого природного сенсора и на их основе «вырастить» инфракрасный детектор биологической природы.

Другой пример – создание аналога человеческого глаза. Глаз – уникальный детектор электромагнитного излучения. Мы видим свет, раскладывая его в спектр, меняем резкость, фокусное расстояние и т. д. С одной стороны, это уникальный оптический прибор. С другой – это биологический объект на основе белка родопсина, в котором протекают сложные биохимические процессы. Так что моделирование глаза – это сложная междисциплинарная задача для большой команды специалистов из разных научных областей: физиков и математиков, химиков и биологов, медиков и физиологов, работающих вместе в рамках единого междисциплинарного центра.

Но сегодня вся созданная человечеством узкоспециальная система науки и образования, ее организация и финансирование, в принципе, препятствуют решению подобной междисциплинарной задачи и должны быть коренным образом перестроены.

Принципиальная особенность нанотехнологической революции состоит еще и в том, что в ее ходе происходит смена парадигмы развития науки. Раньше мы шли «сверху вниз», т. е. двигались в сторону миниатюризации создаваемых предметов. Сейчас мы идем «снизу», с уровня атомов, складывая из них, как из кубиков, нужные материалы и системы с заданными свойствами. Создание материалов с необходимыми свойствами принесет ощутимые выгоды и в экономии энергетических и материальных ресурсов.

Прогресс в развитии нанотехнологии даст импульс для развития практически всех отраслей экономики, промышленности на ближайшие десятилетия. Нанотехнологии существенно повлияют, таким образом, и на экономический уклад мира [1].

Ученые Беларуси вносят определенный вклад в исследование наноматериалов, методов их получения и переработки. Свое участие в создании и освоении наноинженерии белорусские ученые видят в концентрации средств и усилий на разработках, жизненно важных для ключевых отраслей белорусской экономики:

машиностроения, радиоэлектроники и нефтехимии. Качественный прорыв в освоении наноматериалов связывается с выполнением ГКПНИ «Наноматериалы и нанотехнологии», в которой объединены усилия организаций НАН Беларуси, высшей школы и отраслей народного хозяйства для обеспечения потребностей внутреннего рынка и экспорта.

Наука и технология наноматериалов, наноструктур и микросистем – это широкая междисциплинарная область исследований и разработок, революционизирующая пути производства материалов и функциональных приборов. В нее вовлечены специалисты самых разных отраслей, широкий круг научных и прикладных дисциплин вносит свой вклад в ее развитие. Исследования и разработки в этой области очень интенсивны. Ежегодно увеличивается число новых идей и исследователей.

В Республике Беларусь наиболее значимые практические результаты достигнуты в области создания новых классов наноматериалов и наноструктур, включая:

- фотонные кристаллы, поведение света в которых сравнимо с поведением электронов в полупроводниках;

- разупорядоченные нанокристаллические среды для лазерной генерации и получения лазерных дисплеев с более высокой яркостью (на 2–3 порядка выше, чем на обычных светодиодах) и большим углом обзора;

- квазикристаллические наноматериалы, обладающие уникальным сочетанием повышенной прочности, низкого коэффициента трения и термостабильности, что делает их перспективными для использования в машиностроении, альтернативной и водородной энергетике;

- конструкционные наноструктурные твердые и прочные сплавы для режущих инструментов с повышенной износостойкостью и ударной вязкостью, а также наноструктурные защитные термо- и коррозионностойкие покрытия;

- полимерные композиты с наполнителями из наночастиц и нанотрубок, обладающих повышенной прочностью и низкой воспламеняемостью;

- наноразмерные частицы и порошки с повышенной поверхностной энергией, в том числе и для биочипов;

- органические наноматериалы, обладающие многими свойствами, недоступными неорганическим веществам;

- полимерные нанокомпозитные и пленочные материалы для нелинейных оптических и магнитных систем, газовых сенсоров, биосенсоров, мультислойных композитных мембран; покровные полимеры для защитных пассивирующих, антифрикционных, селективных, просветляющих покрытий; масла, суспензии, полировочные пасты.

Ожидается, что в будущем применение и Республике Беларусь наноматериалов и нанотехнологий позволит:

– в машиностроении за счет увеличения ресурса режущих и обрабатывающих инструментов с помощью специальных покрытий и эмульсий широкое внедрение нанотехнологических разработок в модернизацию парка высокоточных и прецизионных станков. Созданные с использованием нанотехнологий методы измерений и позиционирования обеспечат адаптивное управление режущим инструментом на основе оптических измерений обрабатываемой поверхности детали и обрабатывающей поверхности инструмента непосредственно в ходе технологического процесса.

В двигателестроении и автомобильной промышленности за счет применения наноматериалов, более точной обработки и восстановления поверхностей можно добиться значительного (до 1,5–4 раз) увеличения ресурса работы автотранспорта, а также снижения втрое эксплуатационных затрат (в том числе расхода топлива), улучшения совокупности технических показателей (снижение шума, вредных выбросов), что позволяет успешнее конкурировать как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

В экологии перспективными направлениями являются использование фильтров и мембран на основе наноматериалов для очистки воды и воздуха, опреснения морской воды, а также

использование различных сенсоров для быстрого биохимического определения химического и биологического воздействий, синтез новых экологически чистых материалов, биосовместимых и биodeградируемых полимеров, создание новых методов утилизации и переработки отходов.

Ускоренное развитие нанотехнологий на основе накопленного научно-технического задела в этой области и внедрение их в технологический комплекс может стать одним из реальных направлений достижения этих целей [2].

Таким образом, научно-техническая революция нашего времени связана с возникновением и развитием нанотехнологий. Внедрение нанотехнологий повлечет за собой значительное улучшение качества и увеличение общей продолжительности жизни людей, быстрое освоение новых технологий в промышленности, перераспределение ресурсов, развитие экологии и цивилизации в целом.

Литература

1. Ковальчук, М. В. Нанотехнологии – фундамент новой наукоемкой экономики 21 века / М. В. Ковальчук // Научно-техническая политика. Российские нанотехнологии. – 2007. – Т. 2, № 1, 2. – С. 6–11.

2. Справка о практическом использовании и внедрении результатов выполнения заданий ГПОФИ «Наноматериалы и нанотехнологии». – Минск: НАН Беларуси, 2008. – 20 с.