

*А.С. Першин, Е.А. Петрова**

ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ НАНОМАТЕРИАЛОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

При оценке предложений в области нанотехнологий необходим экспертный анализ ее соотношения с соответствующими концептуальными признаками, такими как проектирование, разработка и контролирование процессов в наномасштабном диапазоне.

Та же проблема возникает и в отношении новых материалов, выделении из них относящихся не только по наномасштабу, но и обладающих свойствами революционно выделяющими их наноэффектами в сравнении с традиционными материалами, имеющих на порядки более высокие характеристики, оправдывая тем самым огромные затраты на их разработку и сложнейшие операции в нанодиапазоне, на совершенствование измерительной и диагностической техники для контролирования и оценки требуемых эффектов.

В настоящее время существует огромное число методов диагностики, еще больше методик исследования физических и физико-химических параметров и характеристик твердотельных и молекулярных структур. Вместе с тем, получение наноструктур, низкоразмерных систем и новых наноструктурированных материалов с заданными свойствами ставит и новые диагностические задачи. Для решения современных задач диагностики наноструктур требуется адаптация к этим задачам традиционных методов (оборудования), а также развитие новых, прежде всего, локальных (до масштабов 0,1 нм) методов исследования и анализа свойств и процессов, присущих объектам нанометровой геометрии и системам пониженной размерности.

Сейчас можно констатировать, что часть известных методов диагностики не пригодна, другая часть требует адаптации к наноматериалам, а значительная часть характеристик может быть определена только с помощью новых методов, отражающих свойства веществ в наносостоянии.

Методы нанодиагностики должны быть по возможности неразрушающими и давать информацию не только о структурных свойствах нанообъектов, но и об их электронных свойствах с атомным разрешением [1]. Для разработки нанотехнологий решающим оказывается также возможность контролировать атомные и электронные процессы

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Т.В. Пасько.

in situ с высоким временным разрешением, в идеале до времени, которое равно или меньше периода атомных колебаний (до 10^{-13} с и менее). Необходима также диагностика электронных, оптических, магнитных, механических и иных свойств нанообъектов на «наноскопическом» уровне. Невозможность полного удовлетворения этих требований приводит к использованию комплекса методов диагностики нанообъектов, среди которых необходимо выделить основные группы методов:

- электронная микроскопия высокого разрешения, которая исторически явилась первым методом, реально обеспечивающим визуализацию структуры объектов с атомным разрешением. К этому методу примыкают различные модификации электронной микроскопии, обеспечивающие проведение химического анализа нанообъектов, исследования *in situ*, поверхностно-чувствительные методы, такие как отражательная электронная микроскопия, микроскопия медленных электронов и другие. Во многих случаях электронная микроскопия высокого разрешения является единственным источником получения информации о внутренней структуре и структуре границ раздела таких нанообъектов, как квантовые ямы и квантовые точки;

- методы сканирующей электронной микроскопии, которые вплотную приближаются по разрешению к атомному разрешению, сохраняя возможность получения информации без существенного (разрушающего) воздействия на исследуемые объекты с получением разнообразной информации о химическом составе нанообъектов, их электрических (метод наведенного тока), оптических (катодолюминесценция) и других свойствах. Для получения информации об объеме нанообъектов развиты методы электронной томографии;

- сканирующая туннельная микроскопия, являющаяся поверхностно-чувствительным методом визуализации атомной структуры твердых тел; проведение спектроскопических исследований с атомным разрешением вместе с привлечением возможностей для *in situ* экспериментов при повышенных и пониженных температурах, использование других методов зондовой микроскопии и возможности манипулирования на уровне отдельных атомов делает эти методы важнейшим инструментом для нанотехнологий и нанодиагностики;

- рентгендифракционные методы, особенно с использованием высокой светимости синхротронных источников, они дают уникальную информацию об атомной структуре нанообъектов без их разрушения;

- методы электронной спектроскопии для химического анализа, ожеэлектронной спектроскопии, методы фотоэлектронной спектроскопии, романовской и ИК-спектроскопии, метод фотолюминесцен-

ции, которые активно развиваются с повышением разрешающей способности, что делает эти методы весьма полезными при диагностике нанобъектов.

Дальнейшее развитие всевозможных методов диагностики (в частности, диагностики, встроенной в технологию), учитывающих специфику нанобъектов и их характерные размеры, является неотъемлемой частью развития высоких технологий получения и анализа свойств наноструктур нового поколения. При этом формирование комплексных методов практической диагностики диктуется как технологическими задачами получения наноструктур и создания на их базе следующего поколения электронных и оптических устройств (транзисторов, лазеров и др.), так и их специфическими физическими, физико-химическими и топологическими свойствами, часто не укладывающимися в рамки стандартных представлений о свойствах вещества.

Новый качественный уровень исследований и разработок возможен только на современной экспериментальной базе, в основе которой – исследовательские многофункциональные комплексы, позволяющие существенно расширить возможности экспериментов и интенсифицировать процесс их проведения.

Повышение эффективности использования исследовательских комплексов должно обеспечиваться за счет их высокой загрузки, что успешно осуществляется в специально создаваемых центрах коллективного пользования научным оборудованием (ЦКП).

Центры коллективного пользования решают важную задачу – обеспечивают возможность проведения исследований широкому кругу ученых и научных коллективов на современном и дорогостоящем оборудовании, создают возможность повышения эффективности использования такого оборудования.

Преимуществом выступает также концентрация не только техники, но и специалистов, в совершенстве владеющих этой техникой, способных выполнять любые задачи данного профиля. При этом важное значение для ЦКП имеет формирование собственных долгосрочных программ исследований с учетом заявок заинтересованных организаций.

В настоящее время в большинстве развитых стран сформирована сеть исследовательских центров коллективного пользования научным оборудованием различного профиля и дорогостоящими установками и комплексами.

Инфраструктура инновационной деятельности в России в целом сравнительно развита. За последние 10 лет по всей стране при поддержке государства созданы сотни объектов инновационной инфраструктуры – технопарков, бизнес-инкубаторов, центров трансфера технологий, центров коллективного пользования и т.д.

В Тамбовской области в области нанотехнологий функционируют ЦКП «Получение и применение полифункциональных наноматериалов» (Тамбовский государственный технический университет), ЦКП «Нанотехнологии и наноматериалы», «Нанохимия и экология» (Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина).

Основными задачами ЦКП являются:

1. Повышение эффективности использования дорогостоящего оборудования.

2. Обеспечение доступности специалистам и пользователям к современной инфраструктуре сектора исследований и разработок на принципах коллективного пользования научным оборудованием, привлечение высококвалифицированного персонала к научно-исследовательской деятельности на современной материально-технической базе.

3. Повышение уровня научных исследований и качества образования путем формирования современных исследовательских комплексов, отвечающих мировым стандартам по техническим и эксплуатационным характеристикам приборного парка.

4. Переподготовка и повышение квалификации научных сотрудников (студентов, аспирантов, докторантов) на базе современного научного оборудования.

5. Разработка новых и совершенствование существующих методов и методик научных исследований мирового уровня в рамках приоритетного направления «Индустрия наносистем и материалов» и критического направления «Нанотехнологии и наноматериалы».

6. Содействие в выполнении фундаментальных, поисковых и прикладных исследований вузов и других заинтересованных организаций.

7. Проведение школ, конференций, симпозиумов; развитие межвузовских и международных научно-технических связей.

8. Развитие новых, прогрессивных форм инновационной деятельности, научно-технического сотрудничества с научными и образовательными учреждениями, а также промышленными предприятиями на региональном и общероссийском уровнях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наноматериалы и нанотехнологии / Ж.И. Алферов, П.С. Копьев, Р.А. Сурис и др. // Нано- и микросистемная техника. – 2003. – № 8. – С. 3 – 13.

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*