

В. Неволин, И. Бобринецкий,
А. Строганов, В. Сиякова
vkn@nanotube.ru

КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ В УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ПРОЦЕССЕ

В ГОУ ВПО "Московский институт электронной техники (Технический университет)" разработан учебно-исследовательский комплекс "Лаборатория нанотехнологии", в котором реализованы основные компоненты концепции технологического оснащения образовательного процесса. Комплекс состоит из установок формирования и модификации объектов на наноуровне и измерительных модулей, интегрированных в единую аппаратную платформу с возможностью удаленного управления через Интернет.

Нанотехнология, как междисциплинарная наука, сочетающая в себе различные области знаний, развивается уже более пятидесяти лет не выходя за рамки научно-исследовательских лабораторий. Однако в последнее десятилетие благодаря интересу государственных и бизнес-структур к инновационным технологиям [1,2] взгляд на нанотехнологии поменялся.

Несмотря на достигнутые результаты по внедрению нанотехнологии в производство, серьезной проблемой остается отсутствие специалистов, способных на высоком научно-техническом уровне применять новые знания и навыки в условиях развивающейся и изменяющейся технологии.

Особенно остро проблема ощущается в России, так как экономико-политическая ситуация предшествующего десятилетия привела к потере значительной части материально-технических средств и кадрового состава в области наукоемких производств.

В сложившейся ситуации перед разработчиками российских образовательных программ стоит задача по подготовке высококвалифицированных кадров в области нанотехноло-



Рис. 1 Учебно-исследовательский класс "Лаборатория нанотехнологии"

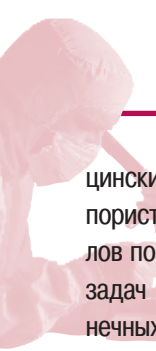
гии, не только обладающих достаточными теоретическими знаниями, но и способных применить их на практике. Поскольку недостаточная оснащённость вузов оборудованием не позволяет в достаточной мере развить у студентов навыки работы с высокотехнологичными процессами и оборудованием, в Московском институте электронной техники разработан проект комплексного оснащения учебно-исследовательских классов "Лаборатория нанотехнологии", в котором реализованы основные компоненты концепции технологического оснащения образовательного процесса: производство и исследование материала и интеграция исследовательского и производственного оборудования. В частности, разработка устройств и модификация их свойств реализуется с использованием нескольких типов оборудования, таких как установка для производства нанотрубок [3] и система формирования пористых плёнок.

Исследование электрофизических параметров получаемых структур проводится с использованием сканирующих зондовых микроскопов и систем измерения параметров полупроводниковых приборов (в случае формирования элементов нанoeлектроники). Общая интеграция осуществляется на базе разработанной модульной системы управления па-

раметрами всех устройств в единой виртуальной оболочке (в настоящее время для этих целей используется пакет программ Lab View) (рис.1).

На каждом этапе технологической цепочки (от исходного материала до потребительского продукта) имеется возможность изучения, освоения исследователями используемых технологий и методов моделирования путем выполнения серии лабораторных и вычислительных работ и решения технологических задач.


К настоящему моменту на комплексе реализованы дискретные элементы нанoeлектроники и сенсорной техники на основе углеродных нанотрубок. В частности, была продемонстрирована чувствительность сенсоров на основе одиночных углеродных нанотрубок и их сеток к различным химически активным парам и газам, таким как хлор, аммиак, спирты [4, 5]. Возможности комплекса позволят продвинуться, в частности, в создании сверхчувствительных и сверхминиатюрных элементов сенсоров токсических паров и газов, паров взрывчатых веществ, что отвечает реальным потребностям общества. Комплекс может настраиваться на изучение, исследование и модификацию поверхности на нанометровом уровне многих твердых материалов, биологических и меди-



цинских объектов. Использование модуля для формирования пористых структур на основе фоточувствительных материалов позволяет решать ряд вопросов одной из актуальнейших задач современной энергетики – создание элементов солнечных батарей.

Достоинством комплекса является и то, что благодаря модульной структуре, интегрированной в общий управляющий базис, создается возможность замены и модификации оборудования.

С одной стороны, это обеспечивает гибкость учебно-исследовательского процесса, с другой, – позволяет применить селективный подход к образовательному процессу: от визуального – через лабораторный практикум, к исследовательскому, когда на последнем этапе обучения студенты непосредственно занимаются "модернизацией" технологий и оборудования, на котором они проводили "лабораторные" работы на младших курсах.

Таким образом, реализованная на практике концепция учебно-исследовательского комплекса "Лаборатория нанотехнологии" позволила интегрировать в образовательный процесс комплексный подход и создать реальные возможности формирования кадрового потенциала, необходимого для развивающейся нанотехнологической отрасли России. 

Разработка комплекса выполнена при поддержке Роснауки (госконтракты №02.523.12.3013, 02.513.11.3152) и Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (госконтракт № 4990р/7143).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Раткин Л.** Законодательная поддержка президентской нанотехнологической инициативы. – Наноиндустрия, 2007, №5, с. 2–6.
2. **Телец В., С. Алфимов, А. Иванов, Митин Ю., Борисов А., Истомина Е.** Прикладные аспекты нанотехнологий. – Наноиндустрия, 2007, №4, с. 4–11.
3. **Неволин В.К.** Установка роста углеродных нанотрубок. Заявка на патент РФ, рег. №2007131065 от 15.08.2007г.
4. **Бобринецкий И.И., Неволин В.К., Строганов А.А., Иванова А.А., Крутоверцев С.А.** Чувствительность структур на основе сеток из пучков углеродных нанотрубок к изменению концентрации аммиака в атмосфере. – Датчики и системы, 2007, №9.
5. **Бобринецкий И.И.** Сенсорные свойства структур на основе углеродных нанотрубок. – Российские нанотехнологии, 2007, т. 2, № 5–6, с. 90–94.