

# УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СЕТИ

**В** качестве инфраструктурного базиса образовательного процесса для наноиндустрии создан малобюджетный учебно-лабораторный комплекс. В состав комплекса входят учебно-научные лаборатории "Нанотехнологии" и "Нанодиагностики", оснащенные малогабаритными установками с методическим и программным обеспечением, что создает предпосылки к реализации целой совокупности научно-образовательных направлений, ориентированных на формирование в стране нанотехнологической культуры.

Одной из основных задач при реализации Федеральной целевой программы «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008–2010 годы» (Постановление Правительства РФ № 498 от 02 августа 2007 г.) является создание нанотехнологической сети, которая должна стать базисом для обеспечения процесса формирования отечественной нанотехнологической культуры.

В настоящее время высшие учебные заведения России переходят на подготовку кадров в рамках образовательных стан-

дартов третьего поколения. С этой целью введены Федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС) высшего профессионального образования по направлениям 210100 "Электроника и наноэлектроника", 222900 "Нанотехнологии и микросистемная техника" с присвоением квалификации "бакалавр" и "магистр" (приказы Минобрнауки России от 21.12.2009 г. №743 и от 22.12.2009 г. №802 и приказы Минобрнауки России от 14.01.2010 г. №31 и от 21.12.2009 г. №746, соответственно).

## ЛАБОРАТОРИЯ НАНОТЕХНОЛОГИИ

### Методы получения наноструктурированных объектов

#### Процессы синтеза из газовой фазы

Получение углеродных нанотрубок из газовой фазы  
Атомно-молекулярная химическая сборка (ALD)

#### Процессы синтеза в жидкой фазе

Получение нанослоевых органических композиций методом Ленгмюра-Блоджетт  
Получение структурированных оксидов золь-гель технологией  
Электрохимическое формирование нанопористых материалов (Si, SiC, GaN...)  
Аmplификации ДНК методом полимеразной цепной реакции

## ЛАБОРАТОРИЯ НАНОДИАГНОСТИКИ

### Методы исследования и контроля нанообъектов

Оптическая микроскопия с электрической нанозондовой диагностики  
Растровая электронная микроскопия  
Атомно-силовая микроскопия  
Эллипсометрия  
Электронный парамагнитный резонанс  
Капиллярный электрофорез

## ЛАБОРАТОРИЯ НАНОТЕХНОЛОГИИ Оборудование и его назначение

### Молекулярная химическая сборка



Молекулярное послойное (без зародышеобразования) нанесение наноразмерных пленок оксидов алюминия и тяжелых металлов (гафний, цирконий) на полупроводниковые, металлические и диэлектрические подложки.

### "Золь-гель" синтез наноструктурированных оксидов



Формирование тонких стеклообразных наноструктурированных пленок центрифугированием пленкообразующих золь с последующей термообработкой.

### Синтез углеродных нанотрубок из газовой фазы



Получение на подложках методом химического газозольного осаждения массивов вертикально ориентированных углеродных нанотрубок при каталитическом пиролизе углеводородов.

### Электрохимическое формирование нанопористых материалов



Создание нано- и мезопористых слоев полупроводников и диэлектриков контролируемой толщины и степени пористости электрохимическим травлением полупроводниковых и металлических материалов.

### Нанесение органических нанослоев методом Ленгмюра-Блоджетт



Молекулярно-послойное нанесение наноразмерных пленок органических веществ и их композиций прецизионным погружением подложек в жидкую фазу.

### Аmplификация ДНК



Продуцирование (увеличение концентрации) определенных фрагментов ДНК методом полимеразной цепной реакции, инициируемой термоциклированием.

## ЛАБОРАТОРИЯ НАНОДИАГНОСТИКИ

### Оборудование и его назначение

#### Малогабаритный растровый электронный микроскоп



Морфолого-топологический анализ поверхности твердого тела с микро- и наноразмерным пространственным разрешением.

#### Малогабаритная установка электронного парамагнитного резонанса



Определение состава и свойств микро- и наноразмерных объектов, обладающих парамагнитными свойствами.

#### Атомно-силовой микроскоп



Морфолого-топологический анализ с атомным пространственным разрешением микро- и наноразмерных объектов неорганической и органической природы.

#### Малогабаритный эллипсомер



Локальное определение толщины, показателя преломления, шероховатости микро- и наноразмерных слоев и многослойных гетерогенных композиций.

#### Оптическая микроскопия с электрической нанозондовой системой



Оптическое и электрическое исследование объектов с помощью зондов с микро- и наноразмерным позиционированием.

#### Капиллярный электрофорез



Исследование состава жидких биоорганических композиций и электрофоретической подвижности наночастиц.

Важнейшим элементом обеспечения качества образования в сфере наноиндустрии с учетом характерного для данной области науки, техники и технологий поискового и междисциплинарного характера исследований и разработок, безусловно, является лабораторно-экспериментальная база, призванная гармонично сочетать возможность получения знаний-знаний и формирование знаний-умений [1].

Для реализации программ подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров в интересах наноиндустрии разработан и сформирован малобюджетный учебно-лабораторный комплекс в области нанотехнологии и нанодиагностики [2]. Разработчик – С.-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" (СПбГЭТУ), научно-образовательный центр по направлению "Нанотехнологии".

### ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСА

- широта охвата научно-образовательных направлений;
- гибкость в отношении востребованности номенклатуры малогабаритного технологического и контрольно-диагностического оборудования;
- доступность в плане приобретения, размещения и эксплуатации оборудования;
- наличие методического обеспечения для быстрой адаптации используемых установок к образовательному процессу.

В состав комплекса входят 12 малогабаритных лабораторных установок с методическим и программным обеспечением, распределенных по двум учебно-научным лабораториям (рис).

В табл. представлен состав такого комплекса с детализацией функционального назначения лабораторного оборудования.

Как подчеркивают специалисты, анализ только базовой части модуля профессиональной подготовки бакалавра по направлению "Нанотехнологии и микросистемная техника" свидетельствует о том, что представленный учебно-лабораторный комплекс может быть широко использован для реализации лабораторных практикумов по следующим дисциплинам:

- материаловедение наноструктурированных материалов;

- физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии;
- методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем.

Отмечается также, что разработанный комплекс в отличие от широко известного класса для практического обучения основам нанотехнологий, базирующегося только на приборах зондовой микроскопии [3], позволяет организовать системную реализацию обучения по широкой номенклатуре программ подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров, а также обеспечить популяризацию знаний в сфере nanoиндустрии.

В настоящее время осуществлена поставка первого полного комплекта учебно-лабораторного комплекса, включая методическое и программное обеспечение.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Лучинин В.В. Наноиндустрия и "человеческий капитал". – Наноиндустрия, 2007, № 6, с. 2–8.
2. Афанасьев А.В., Лучинин В.В. "Малобюджетная" учебно-научная лаборатория "Нанотехнологии и нанодиагностика". – Наноиндустрия, 2009, № 3, с. 40–42.
3. ЗАО "Нанотехнология-МДТ". Классы для преподавания практических навыков в области нанотехнологий. – Наноиндустрия, 2008, №4, с. 40.

*По вопросам, связанным с поставкой оборудования и соответствующего методического обеспечения, обращаться:  
тел./факс: (812)234-16-82, e-mail: cmid\_letii@mail.ru,  
Лучинин Виктор Викторович (научный руководитель НОЦ), Афанасьев Алексей Валентинович (зам. директора НОЦ).*