



# eНано

**Образовательная онлайн-платформа [edunano.ru](http://edunano.ru)**

e-mail: [enano@rusnano.com](mailto:enano@rusnano.com)

тел: +7 (495) 988-53-88 доб. 1772

## **Курс: «Аддитивные технологии: процессы атомно-молекулярной сборки»**

В курсе рассматриваются аспекты, связанные с архитектурой и дизайном ранее не существовавших материалов и веществ, процессы синтеза нанослоевых композиций в вакууме, процессы атомно-молекулярной сборки в газовой фазе, сборка инкапсулированных гибридных наносистем и полиионная сборка.

**Стоимость обучения: 3 000 ₽**

**Когда:** 60 дней с момента оплаты

**Тема** Технологии

**Формат** Курс

**Уровень** Базовый

**Тип обучения** Самостоятельно

### **ОПИСАНИЕ КУРСА**

Процессы атомно-молекулярной сборки являются доминирующими и рассматриваются как сквозные междисциплинарные технологии для нового технологического уклада. Атомно-молекулярная архитектура и дизайн позволят создать новые продукты по образцу живой природы, но с использованием современных технологических достижений.

Курс обеспечивает мультидисциплинарное межатраслевое изложение системной технологии, определяющей создание новых материалов и веществ с ранее неизвестными, но прогнозируемыми и востребованными свойствами. Вы сможете повысить профессиональные компетенции, необходимые для:

- моделирования и проектирования на атомно-молекулярном уровне новых материалов с ранее неизвестными, но прогнозируемыми свойствами;
- технологической реализации методами атомно-молекулярной сборки процессов структурно-и формообразования надмолекулярных композиций, новых веществ и материалов;
- проектирования, синтеза и модифицирования на атомно-молекулярном уровне

киберфизических, биотехнических и медико-биологических систем нового поколения.

## БУДЕТ ПОЛЕЗНО:

- Студентам и слушателям образовательных программ по специальностям «Проектировщик наноматериалов» и «Нанотехнолог»
- Инженерам-исследователям промышленных предприятий, работающим в сфере нанотехнологий
- Руководителям подразделений (служб) научно-технического развития
- Аспирантам учреждений высшего образования и научных организаций, планирующим исследования в области аддитивных нанотехнологий: атомно-молекулярной сборки
- Нанотехнологам

## ВЫ НАУЧИТЕСЬ:

- Технологической реализации современных процессов атомно-молекулярной сборки в вакууме, газовой и жидкостной фазах
- Формированию технологических алгоритмов синтеза надмолекулярных композиций заданного состава, структуры и габитуса
- Технологической реализации современных процессов атомно-молекулярной сборки с использованием реагентов в жидкой фазе
- Формированию технологических алгоритмов синтеза надмолекулярных композиций заданного состава, структуры и морфологии
- Грамотно выбирать необходимые материалы, их морфологию и конфигурацию, размеры для поставленной задачи, грамотно выбирать стратегии синтеза выбранного типа материала
- Правильно использовать материаловедческие закономерности для реализации потенциальных возможностей инкапсулирования наноматериалов различной природы для наноэлектроники, фотоники, микро- и наносистемной техники, наносенсорики, тераностики и адресной доставки лекарств
- Использовать на практике наиболее эффективные типы автоматизированных установок синтеза
- Анализировать условия синтеза широкого круга тонкослойных структур из неорганических, органических и гибридных неорганических и органических соединений с использованием растворов реагентов и выбирать из них так называемые оптимальные
- Адекватно оценивать возможности нанотехнологии ионного наслаивания и её роль

при создании широкого круга наноразмерных материалов

По окончании курса – выдаем **Электронный сертификат АНО "еНано"**

## ПРОГРАММА

- 1. Физико-химические основы атомно-молекулярного дизайна. Атомно-молекулярное взаимодействие: энергетика, кинетические процессы, поверхность как особая область твердого тела**
  - Основные физико-химические принципы формирования кристаллической структуры твердого тела
  - Особенности процесса эпитаксии с учетом энергетики атомно-молекулярного взаимодействия, сопряжения кристаллических решеток, кинетики неравновесных процессов роста, поверхностных явлений на границе раздела фаз
  - Методы структурного синтеза в аддитивных технологиях микро- и наносистем
  - Процессы зарождения и роста кристаллов. Основы управления формой нанокристаллов
  - Сканирующая зондовая микроскопия
  - Нетрадиционные механизмы образования кристаллов. Элементы атомно-молекулярной архитектоники. Примеры атомно-молекулярного дизайна иерархических структур
  
- 2. Процессы атомно-молекулярной сборки в вакууме. Молекулярная эпитаксия (МВЕ)**
  - Метод молекулярно-пучковой эпитаксии; необходимые условия МПЭ
  - Основные вехи в развитии МПЭ
  - Особенности конструктивной реализации метода молекулярно-пучковой эпитаксии; основные элементы установок МПЭ; лабораторные и промышленные установки МПЭ; вертикальная и горизонтальная ростовая геометрия
  - Методы откачки при МПЭ; основные типы используемых насосов, принципы их работы, достоинства и недостатки
  - Методы формирования молекулярных пучков в вакууме; распределение интенсивности молекулярного пучка, диаграмма направленности; разновидности источников молекулярных пучков
  - Методики *in situ* контроля процесса роста при МПЭ; метод дифракции быстрых электронов на отражение (ДБЭО) (RHEED).
  - Возможности метода МПЭ для синтеза гетероструктур для применений в областях современной нанoeлектроники и фотоники

- Применение кинетического и термодинамического подходов в описании процесса роста при МПЭ
- Основные механизмы эпитаксиального роста
- Упругие напряжения и псевдоморфизм в гетероэпитаксиальных структурах; пластическая релаксация и критические параметры гетероструктур

### **3. Химическая сборка наноструктур на поверхности твердых тел (метод молекулярного наслаивания)**

- Суть «остовой» гипотезы В.Б. Алесковского и основные пути превращений твердых веществ с ее позиций: за счет трансформации остова или за счет функциональных групп на поверхности при их взаимодействии с подводимыми реагентами
- Основные принципы метода молекулярного наслаивания и его синтетические возможности
- Понятие «один цикл молекулярного наслаивания» и параметры, влияющие на толщину нанопокртия в процессе молекулярного наслаивания
- Исходные реагенты и химические реакции, используемые при синтезе оксидных, нитридных, сульфидных, углеродных наноструктур на поверхности твердых тел методом молекулярного наслаивания
- Основные требования, предъявляемые к аппаратному оформлению нанотехнологии молекулярного наслаивания; особенности проведения процесса при атмосферном и пониженном давлении (схемы проточных и вакуумных установок)
- Основные тенденции в развитии химической нанотехнологии молекулярного наслаивания (с точки зрения повышения производительности при пониженном давлении и обработки ультрадисперсных материалов в реакторе проточного типа)
- Структурно-размерные эффекты, проявляющиеся в продуктах, полученных методом молекулярного наслаивания, и возможные области их применения
- Наиболее перспективные высокотехнологичные области применения нанотехнологии молекулярного наслаивания
- Примеры химической сборки функциональных наноструктур и нанопокртий различного функционального назначения (из ряда электролюминесцентных изделий, суперконденсаторов, мембранных каталитических процессов, сенсорных материалов)
- Основные положения программы химической сборки функциональных наноструктур на поверхности твердых тел методом молекулярного наслаивания

### **4. Химическая сборка наноструктур на поверхности твердых тел (метод**

## **молекулярного наслаивания (МН) или метод ALD)**

- Рассматриваются отличия фазового состояния монослоев на поверхности раздела жидкость-газ по виду их изотерм сжатия
- Двумерное кристаллическое состояние конденсированных монослоев на поверхности воды
- Способы переноса монослоев на твердую подложку. Формирование симметричных и ассиметричных структур пленок ЛБ
- Формирование «сверхрешеток» и «скелетообразных пленок»
- Характеристика структуры пленок ЛБ стеарата свинца
- Получение ультратонких пленок неорганических материалов
- Типы наночастиц, используемых для получения пленок ЛБ
- Получение и применение пленок ЛБ жесткоцепных полиимидов
- Перспективы использования пленок ЛБ в наноархитектонике

## **5. Полионная сборка- технология ионного наслаивания**

- Суть метода ИН
- Индивидуальные твердые химические соединения
- Методы «мягкой» химии
- Послойная химическая сборка
- Алгоритм поиска оптимальных условий синтеза нанослоёв неорганических соединений методом ИН
- Основные типы химических реакций, протекающих на поверхности подложки при синтезе методом ИН и их примеры

## **6. Сборка инкапсулированных гибридных наносистем**

- Наночастицы типа «ядро-оболочка» и технологии их синтеза
- Полые наноструктуры и методы их синтеза
- Инкапсулирование пористых материалов
- Процессы золь-гель синтеза для инкапсулирования
- Магнитные наночастицы и магнитные жидкости
- Технологии супрамолекулярной сборки для инкапсулирования
- Инкапсулирование в наносвитках

## **ЦИФРОВЫЕ НАВЫКИ:**

- Применение на практике компьютерных программ для анализа равновесий в

растворах комплексных соединений и обоснования оптимальных условий программируемого послойного синтеза широкого круга неорганических соединений (Hydro Medusa)

- Ознакомление с подходами к моделированию полых, пористых наноматериалов, наночастиц типа «ядро-оболочка», наносвитков и других рассмотренных нанобъектов

## АВТОРЫ:

<b>ЛУЧИНИН ВИКТОР ВИКТОРОВИЧ</b>	Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой микро- и нанoeлектроники СПбГЭТУ «ЛЭТИ», директор Инжинирингового центра Микротехнологии и диагностики
<b>МОШНИКОВ ВЯЧЕСЛАВ АЛЕКСЕЕВИЧ</b>	Доктор физико-математических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой микро- и нанoeлектроники СПбГЭТУ «ЛЭТИ» по научной работе
<b>МАЛЫГИН АНАТОЛИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ</b>	Доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой химической нанотехнологии и материалов электронной техники СПбГТУ (Технический университет)
<b>ТОЛСТОЙ ВАЛЕРИЙ ПАВЛОВИЧ</b>	Доктор химических наук, профессор кафедры химии твердого тела химического факультета СПбГУ
<b>СПИВАК ЮЛИЯ МИХАЙЛОВНА</b>	Кандидат технических наук, доцент лаборатории «Наноматериалы» кафедры микро- и нанoeлектроники СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
<b>ГОЛОУДИНА СВЕТЛАНА ИГОРЕВНА</b>	Кандидат технических наук, старший научный сотрудник Инжинирингового центра Микротехнологии и диагностики
<b>СОРОКИН СЕРГЕЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ</b>	Кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории оптики кристаллов и гетероструктур с экстремальной двумерностью ФТИ им. А.Ф. Иоффе