



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»
(СПбГТИ(ТУ))

УТВЕРЖДЕНА

Решением ученого совета СПбГТИ(ТУ)
(протокол № 08 от 25.01.2022 г.)

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
«ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МОЛЕКУЛЯРНОГО НАСЛАИВАНИЯ»**

Санкт-Петербург
2021

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Общие сведения по дополнительной профессиональной программе повышения квалификации (далее – программа) «Основы технологии молекулярного наслаивания»:

Предшествующий уровень образования слушателя	–	среднее профессиональное, высшее образование
Срок освоения (продолжительность обучения)	–	18 часов
Форма обучения	–	очная
Форма итоговой аттестации	–	зачет

1.2. Цель программы: совершенствование и (или) получение новых компетенций, необходимых для выполнения профессиональной деятельности, и (или) повышение профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации работника (слушателя) в области химических технологий тонких пленок.

Описание перечня профессиональных компетенций, в рамках имеющейся квалификации работника (слушателя), качественное изменение которых осуществляется в результате обучения:

- способность к практическому применению технологии молекулярного наслаивания.

1.3. Учет в содержании программы профессиональных стандартов:

В программе учитывается профессиональный стандарт «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов» для следующих трудовых функций:

- А/01.6 (Выполнение работ по поиску экономичных и эффективных методов производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами);
- А/02.6 (Анализ сырья, материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, используемым в производстве, и обработка экспериментальных результатов)

Профессиональный стандарт утвержден Приказом Минтруда России от 08.09.2015 N 604н "Об утверждении профессионального стандарта "Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов" (Начало действия документа - 09.10.2015).

1.4. Учет в содержании программы квалификационных требований, указанных в квалификационных справочниках по соответствующим должностям, профессиям и специальностям, профессиям и специальностям.

В программе учитываются квалификационные требования, указанные в Квалификационном справочнике должностей руководителей, специалистов и других служащих: для следующих должностей: главный технолог; начальник исследовательской лаборатории; инженер-технолог (технолог).

Квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и других служащих утвержден Постановлением Минтруда России от 21.08.1998 N 37 в ред. от 27.03.2018 (Начало действия редакции - 27.03.2018).

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

В результате освоения программы «Основы технологии молекулярного наслаивания» слушатель должен:

знать:

- "основно-функциональную" теорию строения твердого вещества;
- принципы метода молекулярного наслаивания;
- размерно-структурные эффекты, наблюдаемые в продуктах молекулярного наслаивания;
- возможности технологии молекулярного наслаивания по синтезу наноразмерных покрытий заданного состава и строения;
- технологии производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (А/01.6, А/02.6);
- аппаратное оформление процессов синтеза по технологии молекулярного наслаивания;
- способы контроля протекания процесса синтеза и физико-химические методы оценки изменения функциональных характеристик модифицированных объектов;
- технологию производства продукции предприятия (квалификационные требования для следующих должностей: - главный технолог; начальник исследовательской лаборатории; инженер-технолог (технолог));
- возможные области применения технологии молекулярного наслаивания в производстве.

уметь:

- подбирать необходимые реагенты и условия проведения синтеза методом молекулярного наслаивания покрытий заданного состава;
- оценивать возможность использования установок проточного или проточно-вакуумного типа для синтеза покрытия заданного состава на поверхности модифицируемого объекта.

владеть навыками:

- осуществления синтеза по технологии молекулярного наслаивания на установках молекулярного наслаивания проточного и проточно-вакуумного типов.

3. УЧЕБНЫЙ ПЛАН

Учебный план программы «Основы технологии молекулярного наслаивания»

№ п/п	Наименование разделов, тем	Всего часов	В том числе:			Формы контроля*
			Лекции	Практические и лабораторные занятия	Самостоятельная работа	
1	Технология молекулярного наслаивания	2	2			
2	Синтетические возможности технологии молекулярного наслаивания	2	2			
3	Техническая реализация процессов молекулярного наслаивания	8	2	6		
4	Способы контроля протекания процесса синтеза	2	2			
5	Области применения технологии молекулярного наслаивания	2	2			
	Итоговая аттестация	2				зачет
	Итого	18	10	6		2

* Промежуточная аттестации и текущий контроль в программе не предусмотрены

4. КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК*

Расписание занятий дополнительной профессиональной программы повышения квалификации «Основы технологии молекулярного наслаивания»**

Дата занятий	День недели	Планируемое время проведения занятий	Кол-во часов	Фамилия, инициалы преподавателя
	Понедельник	16.00 – 19.30***	4	
	Вторник	16.00 – 17.30	2	
		18.00 – 19.30	2	
	Среда	16.00 – 17.30	2	
		18.00 – 19.30	2	
	Четверг	16.00 – 17.30	2	
		18.00 – 19.30	2	
	Пятница	16.00 – 17.30	2	
Итого			18	

* Допускается наличие только календарного учебного графика и/или только расписания занятий.

** Примерное расписание занятий. В расписании (день недели, планируемое время проведения занятий, количество часов) возможны изменения.

*** Перерыв на питание 30 минут: с 17.30 до 18.00

5. РАБОЧАЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНЫХ ПРЕДМЕТОВ, КУРСОВ, ДИСЦИПЛИН (МОДУЛЕЙ), ПРАКТИК, СТАЖИРОВОК, РАЗДЕЛОВ, ТЕМ

5.1. Темы и содержание лекций

№ темы	Название темы	Объем, час
1	<p>Технология молекулярного наслаивания</p> <p>Остовно-функциональное строение твердого вещества. Реакции функционалов и остовные реакции твердого вещества. Функциональные ряды, их свойства и система функциональных превращений в гомологическом ряду твердых веществ.</p> <p>Принципы метода молекулярного наслаивания. Формирование многослойных и многозонных структур методом молекулярного наслаивания. Размерно-структурные эффекты в продуктах молекулярного наслаивания. Специфические свойства сверхтонких слоев.</p>	2
2	<p>Синтетические возможности технологии молекулярного наслаивания</p> <p>Получение функциональной поверхности с заданной реакционной способностью. Регулирование физико-химических свойств поверхностных структур. Регулирование параметров пористой структуры твердого тела и его приповерхностного слоя. Термическая устойчивость тонкослойных систем. Проведение синтеза оксидных, нитридных и сульфидных покрытий. Плазмо-химическая активация поверхности, применение реагентов в виде плазмы, озона. Осаждение металлических покрытий, молекулярно-слоевое осаждение (Molecular Layer Deposition). Травление атомарного слоя (Atomic Layer Etching). Пост-синтетическая обработка покрытий.</p>	2
3	<p>Техническая реализация процессов молекулярного наслаивания</p> <p>Аппаратурное оформление процессов в системе "газ - твердое", реализующих технологию молекулярного наслаивания на поверхности различных матриц. Проточные, вакуумные и проточно-вакуумные установки. Обработка дисперсных материалов во взвешенном слое. Пространственное разделение потоков реагентов. Активация поверхности матрицы, радикало-стимулированный процесс. Особенности конструктивных решений. Организация процесса молекулярного наслаивания в системе "жидкое - твердое".</p>	2
4	<p>Способы контроля протекания процесса синтеза</p> <p>Весовой контроль протекания процесса. Эллипсометрия тонких пленок. Возможности Сканирующей Зондовой Микроскопии. Оценка изменения функциональных свойств матрицы (проводимость, отражательная способность, смачиваемость, изменение кислотно-основных свойств). ИК-спектроскопия МНПВО. Электронная спектроскопия диффузного отражения.</p>	2
5	<p>Области применения технологии молекулярного наслаивания</p> <p>Перспективы применения технологии молекулярного наслаивания: в микро- и наноэлектронике, создании электролюминесцентных устройств и люминесцентных композитов, фотопреобразователей энергии, суперконденсаторов. Создание сенсоров, катализаторов, каталитических мембранных реакторов. Изменение функциональных свойств полимеров. Керновые пигментные материалы. Создание нанокерамики и композитов. Нанесение тонкопленочных покрытий различного назначения.</p>	2
Всего		10

5.2. Содержание лабораторных занятий

№ темы	Содержание занятия	Объем, час
3	Конструктивные особенности установок молекулярного наслаивания различного типа.	2
	Проведение синтеза по технологии молекулярного наслаивания на установке проточного типа	2
	Проведение синтеза по технологии молекулярного наслаивания на установке проточно-вакуумного типа	2
Всего		6

6. ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ, ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

6.1. Формы контроля и аттестации, оценочные материалы по учебным предметам, курсам, дисциплинам (модулям), практикам, стажировкам, разделам, темам
Промежуточная аттестации и текущий контроль в программе не предусмотрены.

6.2. Оценочные материалы для итоговой аттестации
Итоговая аттестация проводится в форме зачета в виде устного ответа по основным темам программы.

6.2.1. Вопросы к итоговой аттестации по освоению программы

1. Реакции молекулярного наслаивания как химические превращения в гомологическом ряду твердых веществ.
2. Основные особенности основно-функционального химического строения твердых веществ и полинаправленность их химических превращений.
3. Нанотехнология на принципах молекулярного наслаивания.
4. Технологические стадии осуществления одного цикла МН.
5. Технологические параметры при организации процесса МН.
6. Схема экспериментальной установки с реактором проточного типа и описание процесса синтеза оксидного покрытия.
7. Схема типовой вакуумной установки молекулярного наслаивания и описание процесса синтеза оксидного покрытия.
8. Способы контроля процесса молекулярного наслаивания *in situ*
9. Эллипсометрическая оценка толщины синтезируемого покрытия
10. Структурно-размерные эффекты в продуктах, полученных по технологии молекулярного наслаивания, и их связь с возможными областями применения.
11. Стадии производства интегральных схем, на которых целесообразно применение технологии молекулярного наслаивания.
12. Схема типовой структуры электролюминесцентной панели и ее реализация с использованием метода молекулярного наслаивания.
13. Какой структурно-размерный эффект реализуется при создании с применением метода молекулярного наслаивания ядерных пигментов и наполнителей? Привести примеры.
14. Чем обусловлено преимущество каталитических и сорбционных материалов, полученных методом молекулярного наслаивания, перед традиционным способом пропитки пористых носителей?
15. В чем преимущество метода молекулярного наслаивания перед традиционными механическим смешением при легировании керамических материалов с целью снижения температуры и ускорения их спекания?
16. Регулирование транспортных и каталитических характеристик мембранных керамических реакторов с применением метода молекулярного наслаивания.

7 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

7.1. Учебно-методическое обеспечение программы

7.1.1. Основная литература:

1. Беляков, А.В. Химические основы нанотехнологии твердофазных материалов различного назначения: учебное пособие/ А.В. Беляков, Е.В. Жариков, А.А. Малыгин. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006.- 102 с.
2. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: учебное пособие./ Н.В.Захарова, Е.А.Соснов - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 92 с.
3. Малыгин, А.А. Свойства и применение функциональных наноматериалов: Текст лекций/ А.А. Малыгин, А.А. Малков - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 71 с.
4. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Малыгин- СПб: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 74 с.

7.1.2. Вспомогательная литература:

1. Алесковский, В.Б. Стехиометрия и синтез твердых соединений/ В.Б. Алесковский. - Л.: Наука, 1976.- 140 с.
2. Алесковский, В.Б. Химия твердых веществ: учебное пособие для вузов/ В.Б. Алесковский. - М.: Высшая школа, 1978 - 256 с.
3. Алесковский, В.Б. Химия надмолекулярных соединений/ В.Б. Алесковский. - СПб.: СПбГУ, 1996.- 256 с.
4. Кольцов, С.И. Состав и химическое строение твердых веществ: учебное пособие/ С.И. Кольцов. - Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1987. - 84 с.
5. Кольцов, С.И. Реакции молекулярного наслаивания: текст лекций/ С.И. Кольцов. - СПб.: СПбТИ, 1992.- 63 с.
6. Нанотехнологии в электронике/ Под ред. Ю.А.Чаплыгина.- М.: Техносфера, 2005. - 446 с.
7. Рамбиди, Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий/ Н.Г. Рамбиди, А.В. Березкин. - М.: Физматлит. 2009. – 456 с.
8. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологии / В.В.Старостин.- М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015.- 434 с. (ЭБС)
9. Физические методы исследования наноструктур и поверхности твердого тела: учебное пособие/ В.И. Троян, М.А. Пушкин, В.Д. Борман, В.Н. Тронин.- М.: МИФИ, 2008.- 260 с.

7.2. Материально-техническое обеспечение программы

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Аудитория	лекции	Компьютер с выходом в локальную сеть СПбГТИ (ТУ) и в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска
Технологическая лаборатория	лабораторные занятия	Технологические установки молекулярного наслаивания, ПО управлением процессом молекулярного наслаивания нанопокрывтий заданной толщины и состава (Св-во регистрации программы ЭВМ RU 2020618405)

7.3. Кадровые условия реализации программы

Программа реализуется квалифицированными специалистами в области тонкопленочных технологий, в т.ч. из числа сотрудников Первого Всероссийского инжинирингового центра технологии молекулярного наслаивания (ИЦТМН) СПбГТИ(ТУ).

8. ИНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

Иные компоненты отсутствуют.

9. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

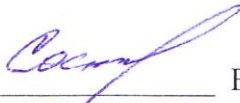
Дополнительные сведения по программе «Основы технологии молекулярного наслаивания»:

Сведения о разработке: впервые; новая редакция; с изменениями и/или дополнениями	–	разработана впервые
Программа одобрена на заседании	–	кафедры химической нанотехнологии и материалов электронной техники 02.09.2021, протокол № 1
Соотнесение программы к укрупненной группе направлений подготовки (код, наименование)	–	18.00.00 Химические технологии
Соотнесение программы к направлению подготовки (специальности) высшего образования (бакалавриата, специалитета, магистратуры, аспирантуры) или СПО (код, наименование)	–	18.03.01 Химическая технология
Организация, по инициативе которой осуществляется дополнительное профессиональное образование	–	СПбГТИ(ТУ)

10. СВЕДЕНИЯ О РАЗРАБОТЧИКАХ


10.1. Разработчики программы:

Доцент каф. ХНиМЭТ СПбГТИ(ТУ),
к.х.н., доцент,
Вед. научн. сотр. ИЦТМН СПбГТИ(ТУ)


_____ Е.А. Соснов
подпись

10.2. Руководитель структурного подразделения, разработавшего программу:

Зав. каф. ХНиМЭТ СПбГТИ(ТУ)
д.х.н., профессор,
Директор ИЦТМН СПбГТИ(ТУ)


_____ А.А. Малыгин
подпись